



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Фізико-математичний факультет
*(Кафедра рисної геометрії, інженерної
та комп'ютерної графіки)*
Українська асоціація з прикладної геометрії
Академія наук вищої освіти України

ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ

**ХІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ,
ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА
ТА ОБ'ЄКТИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ»**

м. Київ, Україна

23 червня 2022

Відповідальний за випуск – д-р. техн. наук, проф., Ванін В.В.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Співорганізатори конференцій:
Українська асоціація з прикладної геометрії,
Академія наук вищої освіти України

Збірник доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Прикладна геометрія, інженерна графіка та об'єкти інтелектуальної власності» – Випуск 11. – 198 с. з іл.

В авторській редакції

Укладач: канд.техн.наук, доцент Колосова О.П.

Адреса редколегії: 03056, м. Київ, пр-т Перемоги, 37, ФМФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Тел. (044) 204-94-46. E-mail: geometry@kpi.ua, conferencengkg@gmail.com

© *Автори доповідей, 2022*

© КПІ імені Ігоря Сікорського

Алфавітний покажчик

Бабій В.В.	159	Кузнецов Ю. М.	131
Бабіков Д.О.....	112	Куценко Л.М.....	15
Баскова Г. В.	41	Лазарчук М.В.....	71
Баскова Г.В.	108, 112	Лазарчук-Воробйова Ю.В.....	140
Білицька Н.В.	23, 28, 33	Лапка Б. В.	41
Бобела Н.М.....	75	Лебедева О.О.	192
Бовтун К.	192	Лесько О.М.....	33
Болдирева Л.В.....	122	Лісова Д.М.....	151
Боряченко О.В.....	33	Луданов Д.К.	140, 155
Ванін В.В.	4, 71, 122, 164	Луцкевич Вік.А.	137
Вірченко Г.А.....	11, 71, 75	Луцкевич Вол.А.	137
Вознюк Т.А.....	127	Макаренко М.Г.	112
Воліна Т.М.	85	Мартин Є.В.	65
Волоха М.П.....	122	Мартинів В.Л.	81
Воробйов О.М.,	140	Матюшенко М.В.	151
Воробйов О.О.....	155	Мельников Д.В.....	58
Гагарін О.О.	174	Міхлевська Н.В.....	168
Гетьман О.Г.....	28, 33	Москаленко С.В.	33
Гнітецька Г.О.	159	Надкернична Т.М.....	137, 188
Гнітецька Т.В.....	159	Назарюк В.М.	95
Голова О.О.....	140, 155	Незенко А.Й.....	117
Гончаренко М.О.....	65	Несвідомін В.М.	102
Грубич М.В.	108, 164	Несвідоміна О.В.	102
Гумен О.М.	46, 50, 54, 58, 62	Овсієнко Л.Г.....	179, 183
Жученко О.А.....	127	Оліферчук О.Ю.	75
Залевський С.В.....	179, 183	Петрик Є.Ю.	179
Іванов С.В.	11	Пилипака С.Ф.	8, 102
Ільніцька Я.В.....	50	Путятін Р.О.....	174
Казимір Д.Ю.	188	Селіна І.Б.	46, 50, 54
Калиновський А.Я.	15	Сич Д.А.....	62
Козлов С.О.	117	Тарасюк М.В.....	28
Козловський А.Г.	131	Терещук М.О.	170
Колган А.В.....	146	Хропост В.І.	8
Коломийчук Н.М.....	168	Чижов Д.А.....	108
Колосова О. П.....	41	Чирва Т.Л.	81
Комяк В.М.	95	Шайда М.В.	183
Коніков Д.А.....	159	Щербина О.І.	23
Кресан Т.А.	8	Щетінін Г.Д.	127
Кувшинов О.В.....	164	Юрчук В.П.	108, 112, 122, 131, 174
Кудлік П.С.	168	Яблонський П.М.....	4, 155

ДО ПИТАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО КОМПЛЕКСНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

Ванін В.В., д.т.н., професор,

Яблонський П.М., к.т.н., доцент,

Воробйов О.М., старший викладач.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(м. Київ, Україна)

Анотація – у статті проаналізовано деякі перспективи подальшого розвитку комп'ютерного геометричного моделювання технічних об'єктів на прикладі ґрунтообробних знарядь. Наведені дослідження становлять важливий напрямок сучасних розвідок наукової школи прикладної геометрії КПІ ім. Ігоря Сікорського. Основою для цього є належні теоретичні напрацювання в галузі методології інтегрованого комплексного формоутворення промислової продукції, процесів її проектування, виготовлення та експлуатації. Даною публікацією окреслено ряд задач стосовно ефективної практичної реалізації описаних завдань у середовищі систем автоматизованого проектування. Останні дозволяють суттєво підвищувати якість технічних об'єктів, зменшувати витрати на їх створення. Тому розглянута тематика нині доволі актуальна.

Ключові слова – автоматизоване проектування, геометричне моделювання, ґрунтообробні знаряддя, структурно-параметричне формоутворення, технічні об'єкти.

Постановка проблеми. Сучасне розробляння різноманітної промислової продукції, процесів її виготовлення та експлуатації характеризується широким застосуванням систем автоматизованого проектування. Однією з фундаментальних їх основ є засоби геометричного моделювання, від досконалості яких суттєвим чином залежить якість опрацьовуваних технічних об'єктів, зокрема ґрунтообробних знарядь. Тому подальше вдосконалення відповідних теоретичних положень, методів, способів, прийомів та алгоритмів становить важливу науково-прикладну проблему.

Аналіз останніх досліджень. Базові напрямки досліджень наукової школи прикладної геометрії КПІ ім. Ігоря Сікорського викладено в публікації [1]. У виданнях [2–7] подано питання узагальнення засобів геометричного моделювання та їх інтеграції. Доповнено наявні теоретичні

положення методології структурно-параметричного формоутворення (принципи комплексного підходу, варіантності, оптимальності, універсальності й уніфікації, відкритості та розвитку) новим принципом інтеграції. Останній полягає в поєднанні стадій життєвого циклу промислової продукції належними засобами геометричного моделювання. Це сприяє комплексному інтегрованому оптимальному формоутворенню технічних об'єктів під час їх проектування, виготовлення та експлуатації. Під «комплексним» мається на увазі врахування вимог різного характеру, наприклад, конструкції, міцності, технології, економіки і т. д., а під «інтегрованим» – ефективне поєднання певних етапів життєвого циклу. Для цього розроблено метод зменшення області проектних розв'язків [2], спосіб узагальненого контуру [4], методику автоматизованого геометричного моделювання групи технічних об'єктів [5] на прикладі дискових ґрунтообробних знарядь шляхом узагальнення засобів формоутворення на засадах принципу інтеграції структурно-параметричної методології. Визначено деякі перспективи розвитку розглянутого підходу [6, 7].

Формулювання цілей статті. Мета публікації полягає в окресленні на базі напрацьованих інтегрованих комплексних способів геометричного моделювання нових методик і прийомів комп'ютерного структурно-параметричного формоутворення ґрунтообробних знарядь, удосконалення відповідного методичного, інформаційного і програмного забезпечення систем автоматизованого проектування.

Основна частина. У дослідженні [7] викладено математичні основи запропонованого узагальнення структурно-параметричних геометричних моделей застосуванням до їх елементів циклічних, тобто повторювальних, операцій формоутворення. Необхідні ілюстрації виконано на прикладі дисків ґрунтообробних знарядь.

На рис. 1 наведено належну графову модель, а на рис. 2 – один із можливих різновидів даного виробу. Процес його виготовлення включає послідовність технологічних операцій

$$TO = (TO_i)_1^4, \quad (1)$$

де TO_1 – виконати центральний отвір та обрізати зовнішній контур заготовки, TO_2 – створити внутрішні отвори по колу, TO_3 – зробити вирізи, TO_4 – деформувати диск.

Нехай у даному випадку опрацьовуються наступні проектні варіанти:

$$TO_1 = (TO_{1j})_1^3, \quad (2)$$

де TO_{11} , TO_{12} , TO_{13} – відповідно різновид із круглим, квадратним і шестигранним центральним отвором;

$$TO_2 = (TO_{2j})_1^1, \quad (3)$$

де TO_{21} – варіант із круглими внутрішніми отворами;

$$TO_3 = (TO_{3j})_1^3, \quad (4)$$

де $TO_{31}, TO_{32}, TO_{33}$ – відповідно різновид із вирізами V-подібними, трапецеїдальними та дугами кіл;

$$TO_4 = (TO_{4j})_1^1, \quad (5)$$

де TO_{41} – штампування.

Вирази (1) ... (5) описують структурні складові конструкторсько-технологічної моделі диска D , яка реалізує загальне число належних варіантів

$$D = (D_n)_1^9. \quad (6)$$

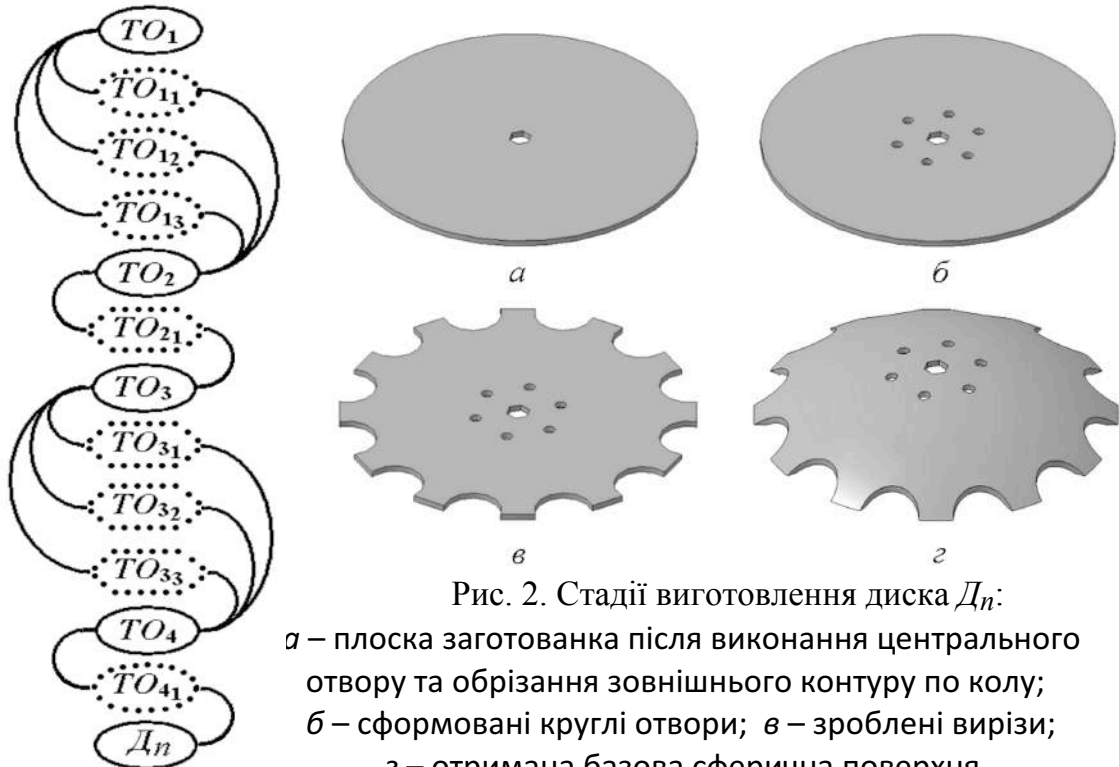


Рис. 1. Структурно-параметрична геометрична модель диска D

На рис. 1 штриховою лінією овалами позначено неповторювані елементи, а шестикутниками – циклічні. Структурні варіанти (6) мають геометричні та інші параметри. Зокрема, листова заготовка – товщину; зовнішній контур – діаметр кола; центральний отвір – діаметр, сторону квадрата або діаметр описаного кола для шестигранного отвору; внутрішні круглі отвори – кількість, діаметр, радіус, що визначає їх розташування. Схожим чином з останнім випадком здійснюється дефініція вирізів. Геометричним параметром базової сферичної поверхні є її радіус.

Зазначимо, що для уніфікованого комп'ютерного створення розглянутих обводів круглої, квадратної, шестикутної, V-подібної та трапецеїдальної форми варто застосовувати запропонований у статті [4] спосіб узагальненого контуру. При циклічних побудовах характерним є варіювання не тільки числа й розташування опрацьовуваних фігур, а також їх розмірів і форми. Ці аспекти особливо важливі для динамічного

моделювання різноманітних технологічних процесів.

З метою реалізації під час автоматизованого проектування комплексного, тобто з урахуванням вимог різного характеру, оптимального структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів доречно використовувати наведений у виданні [2] метод зменшення області проектних розв'язків.

Висновки. У даній публікації окреслено ряд задач щодо потреби практичного впровадження проаналізованих завдань інтегрованого комплексного геометричного моделювання ґрунтообробних знарядь у середовище різноманітних комп'ютерних автоматизованих систем, наприклад, AutoCAD, SolidWorks, NX, CATIA, Maple, Matlab, Mathcad тощо. Це дозволить підвищити якість проектування зазначених технічних об'єктів, процесів їх виготовлення та експлуатації. Актуальність акцентованого питання обумовлює напрямки проведення подальших наукових розвідок.

Бібліографічний список

1. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Гумен О.М., Юрчук В.П., Яблонський П.М. Сучасний стан і перспективи подальшого розвитку наукової школи прикладної геометрії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». *Прикладні питання математичного моделювання*. Херсон: ХНТУ, 2018. Вип. 2. С. 17–23.

2. Яблонський П.М. Деякі питання узагальнення засобів геометричного моделювання для проектування технічних об'єктів. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь: МДПУ, 2018. Вип. 13. С. 192–198.

3. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Гетьман О.Г., Яблонський П.М. Структурно-параметричне формоутворення як засіб інтеграції автоматизованого проектування технічних об'єктів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 95. С. 46–50.

4. Яблонський П.М. Деякі питання узагальнення формоутворення різального інструменту. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. Херсон: ХНТУ, 2019. Вип. 1(68). С. 73–77.

5. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Яблонський П.М. Автоматизоване геометричне моделювання дискових робочих органів технічних об'єктів. *Інформаційні системи, механіка та керування*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. Вип. 21. С. 5–13.

6. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Яблонський П.М., Незенко А.Й. Деякі актуальні задачі сучасного комп'ютерного геометричного моделювання технічних об'єктів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 97. С. 16–22.

7. Ванін В.В., Вірченко Г.А., Яблонський П.М. До питання узагальнення структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 99. С. 56–64.

ОСОБЛИВОСТІ ЗГИНАННЯ ПЛОСКОЇ ЗАГОТОВКИ ІЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ У ПОВЕРХНЮ ТОРСА-ГЕЛІКОЇДА

Пилипака С.Ф., професор

Кресан Т.А., доцент

Хропост В.І., аспірант*

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
(Україна, м. Київ)

Ключові слова – розгортний гелікоїд, плоска заготовка, згинання.

Анотація - щоб зігнути заготовку у вигляді плоского кільця, тобто розгортки одного витка розгортного гелікоїда, потрібно правильно її деформувати у потрібну форму. Ця деформація носить складний характер і складається із двох рухів – розтягування заготовки вздовж осі гелікоїда і обертального навколо цієї осі. В роботі показано, що співвідношення між цими рухами близьке до лінійної залежності.

Постановка проблеми. Виготовлення деталей із листового металу потребує спеціального обладнання, зокрема, штампів, які є вартісним обладнанням. Однак деталі, поверхні яких є розгортними, можна виготовляти значно простіше. Зокрема, циліндричні деталі можна виготовляти прокаткою заготовки між циліндричними валками. В такому випадку згинання відбувається вздовж прямих ліній – твірних циліндра, які між собою паралельні. При деформуванні плоскої заготовки у поверхню гелікоїда її згинання теж відбувається вздовж прямих ліній, однак вони не паралельні, що ускладнює сам процес деформації. Для його здійснення потрібно мати аналітичний опис цього процесу.

Аналіз останніх досліджень. В сільськогосподарських машинах і взагалі в техніці поширеною робочою поверхнею є гвинтовий коноїд, який відомий під назвою шнек [1]. Він є нерозгортною поверхнею і тому не може бути виготовлений способом простого згинання. Розгортний гелікоїд, або торс-гелікоїд, теж знаходить своє застосування, зокрема у ґрунтообробних знаряддях. В праці [2] пропонується застосовувати його як альтернативу сферичним ґрунтообробним дискам, а в праці [3] – як робочий орган котка.

Формулювання цілей. Описати аналітично процес неперервного згинання плоскої заготовки у поверхню витка торса-гелікоїда.

Основна частина. Неперервне згинання передбачає побудову будь-якого числа проміжних положень при згинанні заготовки у кінцевий виток.

*Наукові керівники – д.т.н., професор Пилипака С.Ф., к.т.н., доцент Кресан Т.А.

Неперервне згинання торса-гелікоїда будемо здійснювати деформацією його ребра звороту, тобто гвинтової лінії, яка розташована на циліндрі радіуса ρ і має крок H , який визначається через гвинтовий параметр h : $H=2\pi h$. При такому згинанні крок поступово зменшується до нуля, тобто торс-гелікоїд в кінцевому положенні перетворюється у розгортку. Теоретично таке згинання можна здійснити за наступними параметричними рівняннями:

$$\begin{aligned} X &= \rho_i \cos \sqrt{\frac{\rho}{(\rho^2 + h^2)}\rho_i} s - u \rho_i \sin \sqrt{\frac{\rho}{(\rho^2 + h^2)}\rho_i} s; \\ Y &= \rho_i \sin \sqrt{\frac{\rho}{(\rho^2 + h^2)}\rho_i} s + u \rho_i \cos \sqrt{\frac{\rho}{(\rho^2 + h^2)}\rho_i} s; \\ Z &= \sqrt{1 - \frac{\rho\rho_i}{\rho^2 + h^2}} s + u \sqrt{1 - \frac{\rho\rho_i}{\rho^2 + h^2}}, \end{aligned} \quad (1)$$

де s і u – незалежні змінні, причому s – довжина дуги ребра звороту, u – довжина прямолінійної твірної поверхні, відлік якої починається від ребра звороту;

ρ_i – параметр згинання.

Перша квадратична форма поверхні (1) має вигляд:

$$dS^2 = \frac{\rho^2(\rho^2 + u^2 + 2h^2) + h^4}{(\rho^2 + h^2)^2} ds^2 + 2ds du + du^2. \quad (2)$$

До квадратичної форми (2) не входить параметр згинання ρ_i . Це означає, що він впливає на форму поверхні і при цьому перша квадратична форма залишається незмінною, тобто рівняння (1) є рівняннями згинання поверхні. При $\rho_i=\rho$ рівняння (1) описують вихідну поверхню (рис.1).

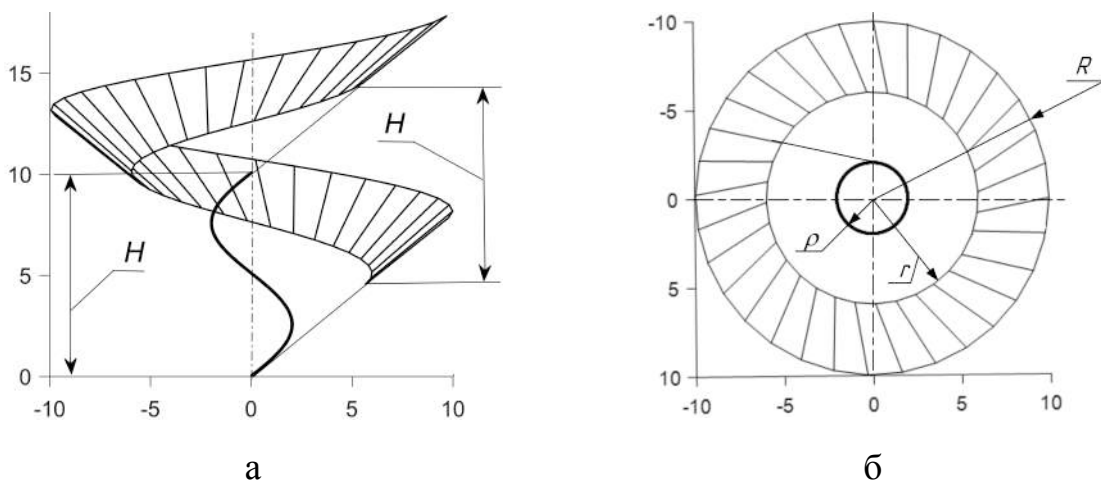


Рис. 1. Виток розгортного гелікоїда при $\rho=2$, $h=1,6$, $s=0...16$, $u=7,2...12,5$: а) фронтальна проекція; б) горизонтальна проекція

Крок гелікоїда становить 10 лін. од., радіуси $r=6$, $R=10$.

Параметр згинання ρ_i має фізичний зміст – це радіус циліндра, на якому розташоване ребро звороту. При $\rho_i=(h^2+\rho^2)/\rho$ крок H перетворюється в нуль, тобто ми отримуємо розгортку (рис. 2).

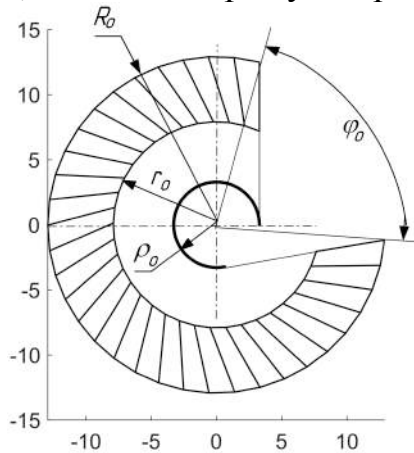


Рис. 2. Розгортка витка торса-гелікоїда

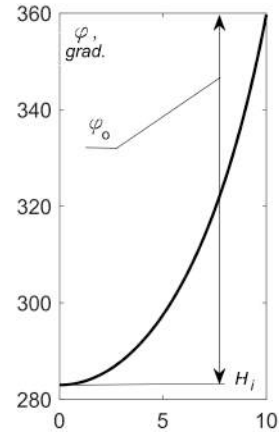


Рис. 3. Залежність кута скручування φ_o від кроку H_i

Щоб у зворотному порядку плоску заготовку у вигляді розгортки (рис. 2) зігнути у виток торса-гелікоїда, потрібно її скручувати навколо осі на кут φ_o і одночасно розтягувати вздовж осі на крок H_i . Ці два рухи мають бути узгоджені між собою. Знайдена теоретична залежність кута скручування від величини кроку при розтягуванні $\varphi=\varphi(H_i)$:

$$\varphi = \frac{\rho s^2}{(\rho^2 + h^2) \sqrt{s^2 - H_i^2}}. \quad (3)$$

На рис. 3 ця залежність побудована при зміні кроку від $H_i=0$ (розгортка) до $H_i=10$ (виток торса-гелікоїда). При розтягуванні заготовки вздовж осі кут φ зростає від 282° до 360° , тобто $\varphi_o=78^\circ$. При рівномірному розтягуванні заготовки її скручування відбувається нерівномірно: спочатку повільно і далі зростає по залежності, близькій до квадратичної.

Висновки. При формуванні плоскої заготовки у виток торса-гелікоїда необхідно забезпечити потрібне співвідношення між її розтягуванням і скручуванням.

Бібліографічний список

1. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б.М. Гевко. — Львов: Вища шк. Изд-во при Львов, ун-те, 1986. — 128 с.
2. Кресан Т.А. [Рух частинки ґрунту по поверхні розгорнутого гелікоїда з горизонтальною віссю обертання і заданим кутом атаки](#) / Т.А. Кресан, // Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 2, 67 – 75.
3. Пилипака Т.С. Розрахунок робочих елементів котка з відсіків торса-гелікоїда / Т.С. Пилипака // Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК». –К., 2015. -№ 5 (68) . –С. 15 – 17.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ НА ПРИКЛАДІ ВОЛОКОННО- ОПТИЧНИХ ГІРОСКОПІВ

Вірченко Г.А., д.т.н., професор,

Іванов С.В., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(м. Київ, Україна)

Анотація – одним із прогресивних сучасних напрямків створення безплатформних інерціальних навігаційних систем є технологія застосування волоконно-оптичних гіроскопів. Це обумовлено такими корисними властивостями зазначених приладів як мала маса й габарити, висока точність і надійність, широкий діапазон вимірюваних кутових швидкостей, невелика вартість, незначне споживання енергії і т. д. Тому вдосконалення існуючої методології проєктування наведених виробів становить доволі актуальну задачу. У даній публікації розглянуто деякі аспекти геометричного моделювання вказаних технічних об'єктів. Запропоновано узагальнені теоретичні засади щодо розроблення комплексного підходу до їх формоутворення. Окреслено типові вимоги стосовно належних засобів комп'ютерного проєктування та конструювання. Визначено перспективні задачі проведення подальших досліджень у даному науковому напрямку.

Ключові слова – волоконно-оптичні гіроскопи, геометричне моделювання, навігаційні прилади, комплексне комп'ютерне формоутворення, системи автоматизованого проєктування.

Постановка проблеми. Покращення технічних характеристик навігаційних приладів, зокрема волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ), становить важливу проблему сучасного розвитку засобів керування рухом кораблів, літаків, ракет тощо. Один із напрямків підвищення якості зазначених технічних об'єктів полягає в широкому застосуванні різноманітних систем автоматизованого проєктування, базовою складовою яких є геометричне моделювання. Тому належне вдосконалення відповідних методів, способів, прийомів та алгоритмів комп'ютерного формоутворення становить важливу науково-прикладну задачу.

Аналіз останніх досліджень. Відомості стосовно принципів роботи ВОГ подано у виданні [1], де наведено основні характеристики цих навігаційних приладів. Праці [2, 3] присвячено безпосередньому проєктуванню ВОГ. Зокрема, оцінці впливу параметрів елементів ВОГ з

відкритою петлею зворотного зв'язку на точність вимірювання та порівняльному аналізу ефективності видів намотки волокна чутливого елемента в умовах змінювання температури. Опис сучасного підходу до конструювання навігаційних приладів подано в публікації [4]. Дослідження [5] містить базові теоретичні положення методології структурно-параметричного геометричного моделювання, розробленої науковою школою прикладної геометрії КПІ імені Ігоря Сікорського.

Формулювання цілей статті. Метою даної праці є викладення концепції узагальнених геометричних моделей для комп'ютерного проєктування навігаційних приладів. Зазначений підхід сприятиме покращенню якості даної промислової продукції.

Основна частина. Перш ніж перейти до конкретних ілюстрацій процесів розробляння ВОГ, розглянемо деякі базові положення автоматизованого проєктування у приладобудуванні та методології структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів [5].

Для моделювання багатьох технічних систем характерне застосування двох діалектичних процесів – *аналізу* та *синтезу*, ітераційним результатом яких є проведення оптимізації проєктованого виробу. При цьому розв'язуються задачі визначення належної структури об'єкта та необхідних параметрів його елементів. Проаналізованим аспектам цілком задовольняє структурно-параметричне геометричне моделювання. Загальні принципи даної методології (комплексного підходу, варіантності, оптимальності, універсальності й уніфікації, відкритості та розвитку) пропонується доповнити новим принципом *ієрархічності*. Це доволі важливо для приладобудування, де процеси проєктування мають відповідну суттєву властивість. Остання полягає в доцільності застосування описів модельованих виробів у вигляді кількох ієрархічних рівнів з належними зв'язками між ними.

На основі використовуваного блочно-ієрархічного методу проєктування варто напрацювати *концепцію об'єктно-орієнтованого геометричного моделювання*. Її переваги полягають у структуризації засобів формоутворення відповідно до визначених класів об'єктів, зменшення трудомісткості розробляння за рахунок наслідування властивостей на різних рівнях ієрархії і т. д. Важливим є також виділення певних типових стадій, етапів, проектних процедур і рішень, їх уніфікація та узагальнення. При блочно-ієрархічному підході у проєктованій системі виділяють кілька рівнів. На верхньому застосовують загальний її опис, а на нижніх – більш докладний щодо окремих блоків. У приладобудуванні найбільш характерними є: *системний рівень* (загальні задачі – структурні схеми тощо); *макрорівень* (окремі пристрої, вузли і т. д. – принципові та функціональні схеми, складальні кресленики тощо); *мікрорівень* (проєктування окремих деталей і т. д.).

На рис. 1, як приклад, показано структурну схему ВОГ згідно з дослідженням [2], де SLD – суперлюмінісцентний діод, PINFET –

спектрально та поляризаційно нечутливий квадратичний фотоприймач. Дана публікація містить також належні *аналітичні й алгоритмічні* моделі.

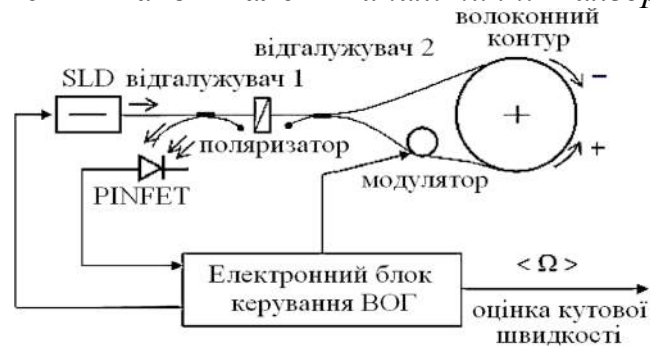


Рис. 1. Схема ВОГ з відкритою петлею зворотного зв'язку

У геометричному аспекті для виконання проектного аналізу використовуються графіки у дво- та тривимірному просторі, див. рис. 2.

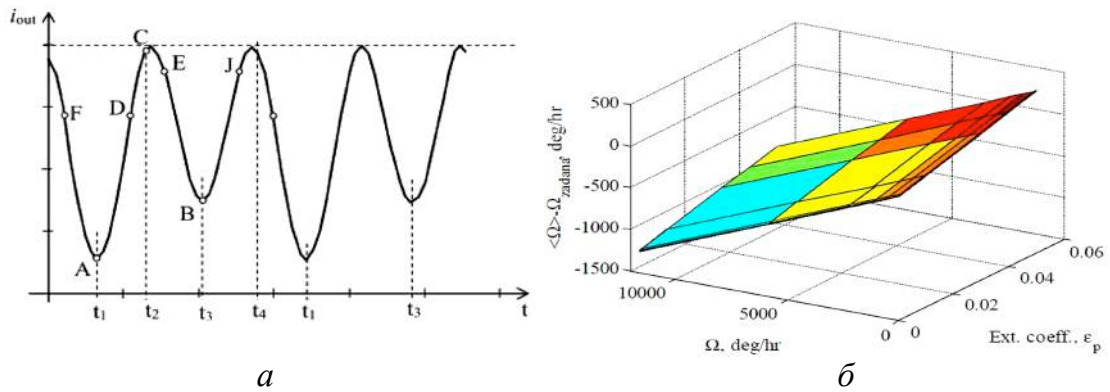


Рис. 2. Графічні моделі у дво- та тривимірному просторі [2]:

- а – вихідний сигнал PINFET змінювання $i_{out}(t)$ струму протягом часу;
- б – залежність абсолютної похибки кутової швидкості Ω від коефіцієнта ϵ_p екстинкції поляризатора

Рис. 3 відповідно до статті [3] ілюструє види намотки котушки ВОГ.

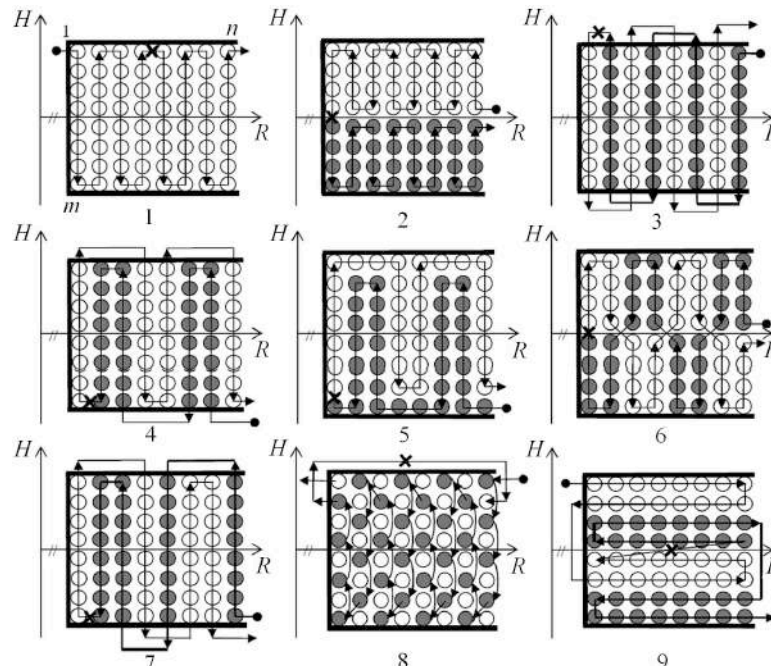


Рис. 3. Структурно-параметричні варіанти намотки котушки ВОГ

Кожний із наведених різновидів має свої переваги та недоліки. Відомо, що виконання аналізу великого числа проектних варіантів забезпечує обрання найкращого з них. У такий спосіб підвищується якість створюваної продукції. Продуктивним засобом реалізації вказаної процедури є застосування структурно-параметричного формоутворення.

Розв'язання диференціальних рівнянь розробленої в публікації [3] аналітичної моделі та побудова потрібних графіків здійснювалася в середовищі математичного пакета Matlab. Для цього зручні також схожі комп'ютерні програми, такі як Maple, Mathcad тощо. Для розроблення різноманітних схем придатні системи автоматизованого проектування AutoCAD, Splan, P-CAD, SolidWorks, NX, CATIA та ін. У трьох останніх, зокрема, ефективно реалізується описане у виданні [4] на прикладі пакета Creo параметричне твердотільне конструювання навігаційних приладів, проведення розрахунків механічних характеристик методом скінченних елементів, швидке прототипування, а також опрацювання технологічних процесів виготовлення продукції.

Отже, видно, що розроблення навігаційних приладів потребує узагальнених геометричних моделей, які забезпечують комплексне комп'ютерне формоутворення. Під останнім мається на увазі застосування геометричних даних як спільної основи для всіх стадій життєвого циклу виробів приладобудування.

Висновки. У даній публікації проаналізовано деякі аспекти геометричного моделювання навігаційних приладів на прикладі волоконно-оптичних гіроскопів у середовищі сучасних систем автоматизованого проектування. Окреслено перспективи проведення подальших наукових досліджень.

Бібліографічний список

1. Філатов Ю.В. Волоконно-оптический гироскоп. СПб.: ЛЭТИ, 2003. 52 с.
2. Іванов С.В. Вплив параметрів елементів волоконно-оптичного гіроскопа з відкритою петлею зворотного зв'язку на точність вимірювання. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. №1/9(79). С. 16–24.
3. Іванов С.В. Порівняльний аналіз ефективності видів намотки волокна чутливого елемента волоконно-оптичного гіроскопа в умовах зміни температури. *Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*. 2016. № 1. С. 99–106.
4. Евстифеев М.И., Елисеев Д.П. Современный подход к конструированию навигационных приборов. *Труды МАИ*. 2017. Вип. 97. 15 с.
5. Ванін В.В., Вірченко Г.А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. 2009. Вип. 23. С. 42–48.

РОЗРОБКА НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВОГНЕГАСНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ДО ВІДДАЛЕНОЇ ЗОНИ ПОЖЕЖІ

Куценко Л.М., д.т.н., професор,

Калиновський А.Я., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

м. Харків, Україна

Анотація - Запропоновано нову схему технології дистанційної доставки хімічних речовин в двох ємностях контейнера гантелеподібної форми. Наявність окремих ємностей дозволить здійснити роздільну доставку двох компонентів вогнегасних речовин. Доцільність роздільної доставки базується на тому, що існують хімічні речовини, вогнегасний ефект яких набагато збільшується за умови їх поєднання безпосередньо в зоні пожежі. Для цього контейнер в зоні пожежі повинен зруйнуватися, внаслідок чого здійснюється змішування вивільнених речовин. Для реалізації такого підходу запропоновано визначати траєкторії вантажів гантелі за допомогою розв'язання системи диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду.

Ключові слова – контейнер гантелеподібної форми, рівняння Лагранжа другого роду, вогнегасні речовини, віддалена зона пожежі

Постановка проблеми. Проблема ліквідації пожеж пов'язана з двома ключовими моментами – розробкою високоефективних вогнегасних речовин, а також із способами їх доставки до зони горіння. Існуюча технологія доставки на велику відстань вогнегасних засобів полягає у використанні пневматичної гармати. Для цього речовину (вогнегасний порошок) поміщають у спеціальну тверду оболонку циліндричної форми (контейнер), який після його доставки до місця пожежі повинен зруйнуватися і вивільнити речовину - і цим сприяти гасінню пожежі. На практиці використовуються різновиди стволових установок контейнерної дистанційної доставки вогнегасних речовин [1]. Для стійкості руху в процесі польоту циліндр-контейнер згідно законам зовнішньої балістики повинен обертатися навколо своєї осі.

Для розкручування контейнера в процесі проходження в стволі гармати використовують спеціальну турбіну. Така турбіна повинна бути достатньо потужною, щоб миттєво розкрутити масивний контейнер. Під час «пострілу» виникають складнощі регулювання розподілу потоків стисненого повітря в дулі гармати для досягнення необхідної швидкості обертання циліндра. Наявність турбіни ускладнює експлуатацію пневматичних гармат, адже вона вимагає постійних профілактичних

заходів по налагодженню, а також спеціальних умов по використанню (особливо в негоду). Тому виникла необхідність створення іншого способу дистанційної доставки вогнегасних засобів, альтернативного «гарматному».

Аналіз останніх досліджень У Національному університеті цивільного захисту України (м. Харків) розробляється нова технологія доставки вогнегасних речовин на великі відстані [1]. При цьому пропонується контейнеру надати «двохмасову» форму поверхні, подібну спортивній гантелі. Вона складається з двох пустотілих сферичних (як варіант) ємностей, сполучених (невагомим) стержнем. Після доставки до зони пожежі елементи контейнера повинні зруйнуватися в результаті удару або високої температури. Наявність окремих ємностей дозволить здійснити роздільну доставку двох компонентів вогнегасних речовин. Доцільність роздільної доставки базується на тому, що існують хімічні речовини, які доцільно поєднати безпосередньо в зоні пожежі. Завдяки такому поєднанню спостерігається суттєве збільшення ефекту їх дії по ліквідації пожежі.

Як приклад, увагу привертає використання гелеутворюючих вогнегасних системи [2]. Їх компоненти до осередку горіння пропонується постачати роздільно – як водний розчин гелеутворювача та каталізатору гелеутворення. При цьому їх перемішування необхідно здійснювати безпосередньо над зоною «поверхні» горіння. При цьому відбувається розбавлення пожежі негорючими газами, які утворюються при розкладанні кристалогідратів солей металів. В результаті зазначеного процесу в зоні вогню утворюється ксерогель, який спроможний ізолювати теплозахисним прошарком над «поверхнею» горіння, що суттєво сприятиме гасінню пожежі. Використання гантелі у вигляді двох пустотілих ємностей дозволить реалізувати доставки різноманітних варіантів “двійок” хімічних речовин. Коли вогнегасний ефект підсилюється в момент їх змішування безпосередньо в зоні пожежі після руйнування оболонок гантелі. Все це вказує на актуальність розробки нового, розрахованого на дві ємності, способу доставки вогнегасної речовини до віддаленої зони загоряння.

Формулювання цілей статті. Розробити нову технологію дистанційної доставки “двійок” хімічних речовин в ємностях контейнера гантелеподібної форми, за умови руйнування контейнера в зоні пожежі і змішування вивільнених речовин.

Основна частина. Моделювання траєкторій вантажів гантелі ґрунтоване на складанні та розв'язанні системи диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду [1]. Для цього слід обрати функції узагальнених координат та використати лагранжіан опису обертово-поступального руху гантелі в полі земного тяжіння.

На рис. 1 зображено схему контейнера у вигляді гантелі в системі координат Oxy . Контейнер складається з двох вантажів масами m_1 і m_2 , сполучених невагомим стержнем. Центр маси першого вантажу

розташований в початку координат. Центр маси другого вантажу розташований на осі Ox на відстані h від першого.

Для зазначеної конструкції гантелеподібного контейнера запропоновано відповідну конструкцію стартового пристрою (рис. 2). Пристрій призначений для ініціювання у просторі обертово-поступального переміщення гантелі в межах вертикальної площини.

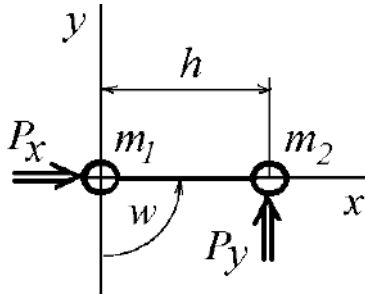


Рис. 1. Схема контейнера у вигляді гантелі

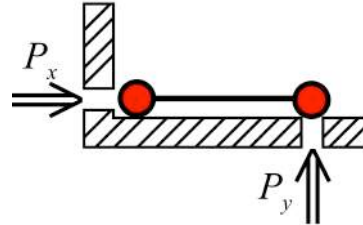


Рис. 2. Схема стартової установки у перетині нормальною площиною

Рушіями руху пропонується використовувати вибухові імпульси піротехнічних пристроїв. Вибухову речовину бажано оформити у вигляді піропатрона (піроболта), спроможного створити спрямований вибуховий імпульс наперед заданої величини.

Для розрахунку руху гантелі у якості узагальнених оберемо координати $x(t)$ і $y(t)$ першого вантажу, а також кут $w(t)$, який вісь гантелі утворює з від'ємною частиною осі Oy . Вважатимемо, що на масу m_1 діє вибуховий імпульс P_x , а на масу m_2 – одночасно з попереднім діє імпульс P_y . За допомогою символів початкове положення гантелі визначається так: $x(0)=0$; $Dx(0)=P_x$; $y(0)=0$; $Dy(0)=0$; $w(0)=0$; $Dw(0)=P_y$. Тут і далі всі величини в умовних одиницях ($g=9.81$). На даному етапі досліджень опір повітря не враховується.

За допомогою узагальнених координат обчислюємо «віртуальні» координати центрів мас: для першого та другого вантажу, а також координати центру маси всієї гантелі в цілому:

$$\begin{aligned} x_1 &= x(t); \quad y_1 = y(t); \quad x_2 = x(t) + h \sin w; \quad y_2 = y(t) - h \cos w; \\ x_C &= (m_1 x_1 + m_2 x_2) / (m_1 + m_2); \quad y_C = (m_1 y_1 + m_2 y_2) / (m_1 + m_2); \end{aligned} \quad (1)$$

Для опису обертово-поступального руху гантелі використаємо лагранжіан $L=T-P$, де кінетична і потенціальна енергії обчислюються так [7, 8]:

$$T = 0.5m_1 \left(\left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 \right) + 0.5m_2 \left(\frac{dx}{dt} + h \cos(w) \frac{dw}{dt} \right)^2 +$$

$$+ 0.5m_2 \left(\frac{dy}{dt} + h \sin(w) \frac{dw}{dt} \right)^2 ; \quad (2)$$

$$P = m_1 y g + m_2 g (y - h \cos(w)). \quad (3)$$

Лагранжіан дозволяє скласти систему диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду відносно узагальнених координат $x(t)$, $y(t)$ і $w(t)$:

$$(m_1 + m_2) \frac{d^2 x}{dt^2} - h m_2 \sin(w) \left(\frac{dw}{dt} \right)^2 + h m_2 \cos(w) \frac{d^2 w}{dt^2} = 0;$$

$$g \sin(w) + \cos(w) \frac{d^2 x}{dt^2} + h \frac{d^2 w}{dt^2} + \sin(w) \frac{d^2 y}{dt^2} = 0; \quad (4)$$

$$(m_1 + m_2) \left(g + \frac{d^2 y}{dt^2} \right) + h m_2 \cos(w) \left(\frac{dw}{dt} \right)^2 + h m_2 \sin(w) \frac{d^2 w}{dt^2} = 0.$$

Розв'язувати систему рівнянь (4) будемо чисельним методом Рунге-Кутти в середовищі *maple*. В якості значень параметрів оберемо відстань h між центрами мас вантажів; маси вантажів m_1 і m_2 , а також значення початкових умов $x(0)=0$; $y(0)=0$ і $w(0)=\pi/2$. Стосовно зображення на рис. 2 стартового пристрою визначаємо тотожності $P_x = D_x(0)$; $P_y = D_w(0)$; $D_y(0)=0$.

В результаті розв'язання системи рівнянь Лагранжа другого роду одержуємо в часі t наближені вирази для значень кута $W(t)$, а також для координат першого вантажу $X(t)$ і $Y(t)$. Ці вирази можуть бути представлені у вигляді послідовності *maple*-операторів у формулах (1) для обчислення «віртуальних» координат центрів мас.

При проведенні комп'ютерних експериментів варіювання здійснено величинами вибухових імпульсів $D_x(0)$ та $D_w(0)$. На рис. 3 наведені траєкторії та положення гантелі при значеннях вибухових імпульсів $d_x(0)=12$ та $d_w(0)=7$. Час польоту гантелі – 4.7 сек. На рис. 4 наведені траєкторії та положення гантелі при значеннях вибухових імпульсів $D_x(0)=7$ та $D_w(0)=12$. Час польоту гантелі – 8.1 сек. В роботі [3] наведено приклади анімації руху гантелі.

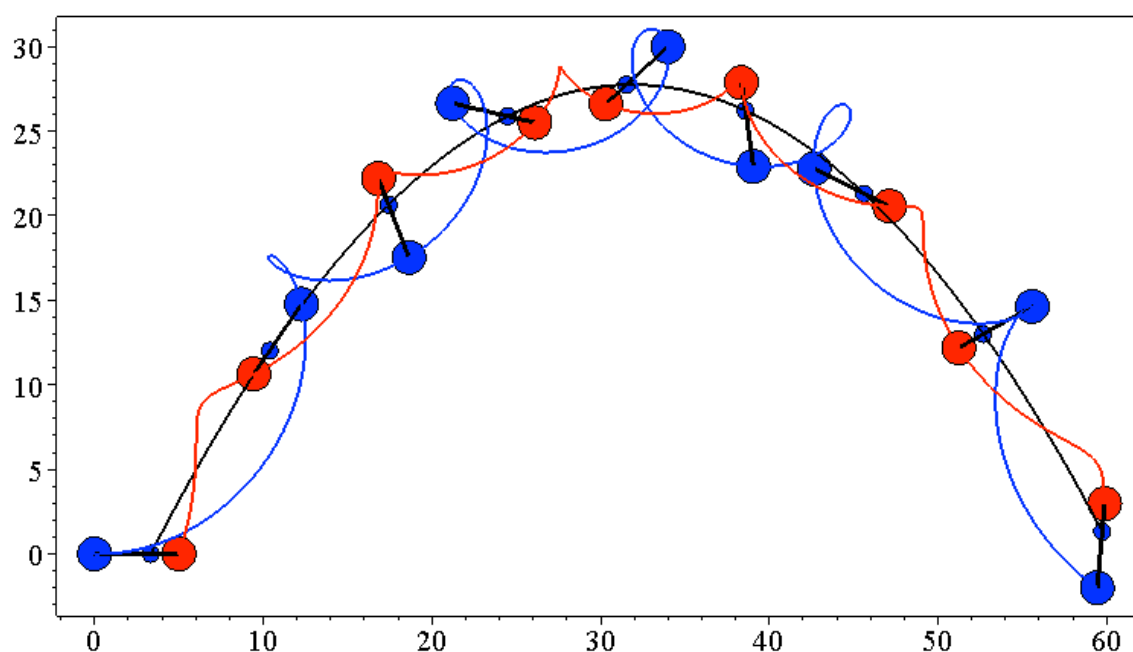


Рис. 3. Траєкторії та положення гантелі при $Dx(0)=12$ та $Dw(0)=7$

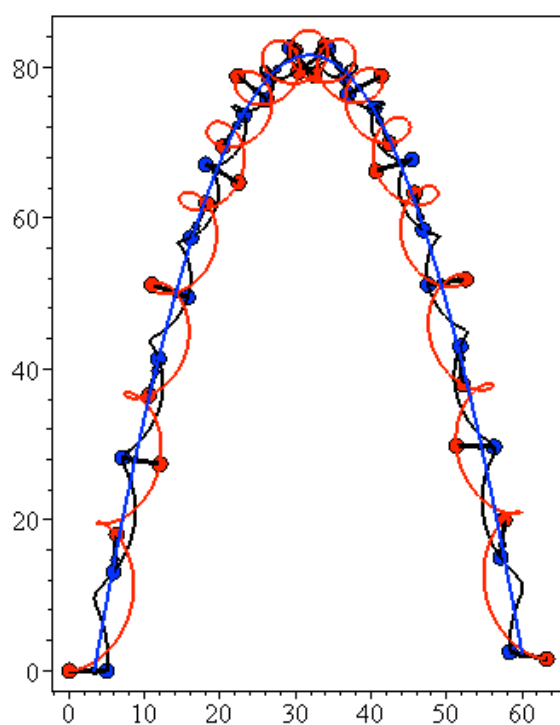


Рис. 4. Варіант розрахунків при $Ddx(0)=7$ та $Dw(0)=12$

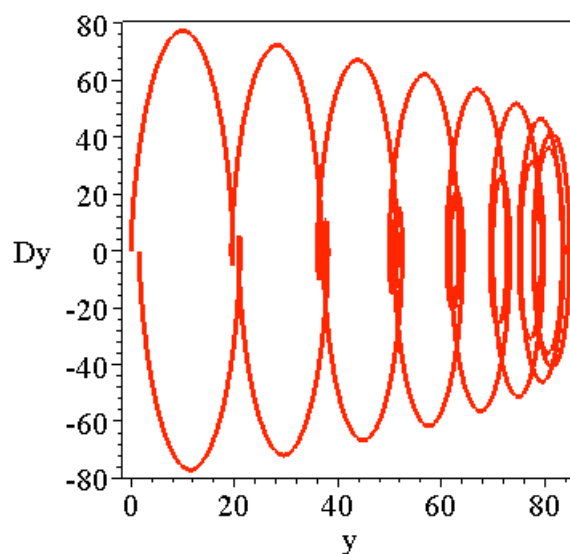


Рис. 5. Фазова траєкторія для узагальненої координати $y(t)$

Порівняння рисунків 3 і 4 показує, що заміна місцями піропатронів з різними значеннями вибухових імпульсів приводить до заміни характеру траєкторій – з настільної до навісної. У обох випадках гантель долетить на відстань 60 (умовних величин). При чому, побудовані на рис. 4 навісні траєкторії виглядають симетрично відносно відстані 30 умовних величин.

Це характеризує фазова траєкторія для узагальненої координати $y(t)$, яка зображена на рис. 5 і є типовою фазовою кривою навісної траєкторії доставки гантелі.

Існування регулярної кривої на фазовій площині $OyDy$ вказує на певні особливості процесу метання гантелі. Для погодження взаємних значень імпульсів $Dx(0)$ і $Dw(0)$ можна використати лінії, побудовані у системі координат $OyDy$ (рис. 5) – тобто у фазовому просторі $\{y, Dy\}$.

Для практики більш прийнятні настільні траєкторії доставки гантелі (рис. 3). Тому далі будемо розглядати переважно настільні траєкторії.

На рис. 6 зображена типова фазова крива настільної траєкторії доставки гантелі, де по горизонталі відкладено переміщення $y(t)$ центра мас першого вантажу, а по вертикалі – швидкість $Dy(t)$ центра мас першого вантажу. При цьому у глобальних координатах переміщення $y(t)$ визначає висоту підйому гантелі.

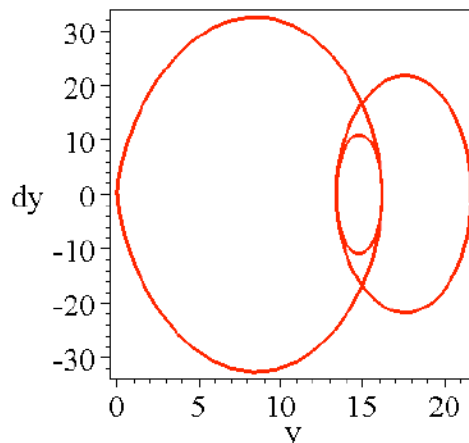


Рис. 6. Фазова крива для настільної траєкторії

Зазначимо, що обертово-поступальний рух гантелеподібного контейнера можна описати за допомогою матриць мас [4], а також засобами аналітичної механіки [5].

Обговорення результатів моделювання руху гантелеподібного контейнера. Отримані результати можна пояснити можливістю застосувати варіаційний принцип Лагранжа до розрахунку механічних конструкцій з урахуванням кінематичних зв'язків та використанням енергії механічної системи. Змоделювати обертово-поступальний рух гантелі у вертикальній площині з врахуванням (лобового) опору повітря в подальшому можливо на базі поєднання результату розв'язання двох систем диференціальних рівнянь. А саме – Лагранжа другого роду та руху точкової маси, випущеної під кутом до горизонту.

Труднощі розвитку досліджень в цьому напрямку пов'язані з питаннями застосування вибухових засобів як енергетичної основи ініціювання руху гантелі у вертикальній площині. У якості вибухових пристроїв доцільно використати піропатрони або піроболти, конструкції яких довели надійність і безпечність в космічних впровадженнях.

Але в майбутньому доцільно розвивати напрямок застосування інших можливих рушіїв, наприклад, пневморушіїв чи гідрорушіїв, де б використовувалися стиснене повітря або стиснена рідина. Цікавими виглядають розробки і у напрямку електромагнітних рушіїв. В цьому бачиться шлях подальших досліджень.

Наявність окремих ємностей гантелі дозволить здійснити роздільну доставку до зони пожежі двох вогнегасних речовин. Їх можна підібрати так, що поєднання цих речовин з врахуванням температури вогню посилить ефект ліквідації пожежі. Наприклад, поєднання речовин при утворенні гексафториду сірки може гасити вогонь. Адже гексафторид сірки в п'ять разів щільніший повітря. Він повинен витіснити інші гази в атмосфері, такі як кисень, а це значить, що він допоможе гасити вогонь. Зазначимо, що обертово-поступальний рух контейнера дозволить використати енергію обертання для його руйнування наприкінці польоту і сприятиме вивільненню вогнегасних речовин.

В якості корпусів контейнерів гантелі можна використовувати многогранні металеві поверхні. Моделі многогранних поверхонь виявляють жорсткість, яка обумовлена існуючими зв'язками між їх гранями. Питання про жорсткість многогранника виявиться актуальним при подальшому дослідженні міцності конструкції ємностей гантелі. На технологічність використання, наприклад ікосододекаедра, вказує можливість багаторазового застосування металевих граней, доповнених частинами для кріплення в процесі його збирання.

Для подальшого розвитку ідеї дистанційної доставки вогнегасних речовин у гантелеподібному контейнері необхідно:

- виконати розрахунки траєкторії руху гантелі з врахуванням дії бокового вітру;
- виконати силові розрахунки стартового пристрою з врахуванням дії на нього вибухових пристроїв типу піропатронів;
- розробити машину для автоматичної збірки умовних ікосододекаедрів з елементів граней за умови їх скріплення за допомогою спеціального степлера з використанням міцної, але легкоплавкої ліски;
- обрати ефективні вогнегасні речовини для наповнювачів оболонок гантелі та визначити їх «пари» так, щоб ефект пожежогасіння суттєво підвищився в результаті змішування речовин безпосередньо в зоні вогню;
- розробити апаратну реалізацію далекоміра для визначення відстані необхідної доставки з одночасним обчисленням необхідних величин вибухових імпульсів.

Все перераховане дозволить в подальшому розвинути нову технологію пожежогасіння.

Висновки. Запропоновано моделювання у вертикальній площині траєкторії обертово-поступального руху гантелі на базі розв'язання системи диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду. Одержано оцінки дальності польоту гантелі залежно від величин вибухових імпульсів піропатронів як засобів ініціювання її руху. В якості оболонок для наповнення вогнегасними речовинами «сферичних» елементів гантелі пропонується використати многогранну поверхню ікосододекаедр. Утворювати поверхню ікосододекаедра можливо за допомогою її складання з елементів граней із застосуванням легкоплавкої ліски. Оболонка у вигляді ікосододекаедра забезпечує міцність з врахуванням спеціальних матеріалів елементів граней. Також міцність забезпечить і спеціальна ліска для поєднання граней за допомогою степлерів. Легкоплавкість матеріалу ліски сприятиме руйнуванню оболонок в зоні пожежі.

Бібліографічний список

1. Куценко Л.М. Моделювання доставки вогнегасних речовин з використанням контейнерів у вигляді гантелі / Л.М. Куценко, А. Я. Калиновський, І.Ю. Адашевська, І. Б. Шеліхова // Сучасні проблеми моделювання: збірник наукових праць. Технічні науки. Мелітополь, 2020. Вип.20. С.136-143.
2. Saveliev D., Khrystych O., Kirieiev O., Chyrkina M. Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression, 2020 // European Journal of Technical and Natural Science. V. 1. P. 31–36. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7121>
3. Куценко, Л. М. Калиновський, А. Я. Поліванов, О. Г. Анімаційні ілюстрації до статті "Комп'ютерне моделювання нової технології віддаленої доставки засобів гасіння пожеж" [Електронний ресурс] 2020, Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10860>
4. Rotating dumbbell (Вращающаяся гантель) [Електронний ресурс] 2019, Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_matrix
5. Rouben Rostamian MATH 490: Special Topics in Mathematics Analytical Mechanics Math 490, Fall 2018. - 7 p.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛОЩИН-ПОСЕРЕДНИКІВ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ГРАННИХ ПОВЕРХОНЬ

Щербина О.І., студент,
Білицька Н.В., к.т.н., доцент,
Гетьман О.Г., к.т.н., доцент.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
(Україна, м. Київ)*

***Анотація** – розглянута можливість застосування площин загального положення як посередників при побудові лінії перетину двох гранних поверхонь.*

***Ключові слова** – алгоритм побудови, перетин поверхонь, посередники, лінія перетину, площини-посередники загального положення, похила призма.*

Постановка проблеми. Побудова складних задач на визначення лінії перетину двох поверхонь відбувається за різними алгоритмами. Застосування тих чи інших способів для розв’язку таких задач залежить від виду поверхонь, що перетинаються. Алгоритми використання посередників, якими користуються для таких побудов, розглядаються в основних курсах нарисної геометрії та інженерної графіки [1,2], але ці способи не є універсальними. Для розв’язку деяких складних задач на перетин поверхонь слід шукати такі підходи, які нададуть можливість застосувати оптимальний спосіб побудови лінії перетину заданих поверхонь.

Аналіз останніх досліджень. Перед визначенням лінії перетину складних поверхонь необхідно ретельно аналізувати можливість застосування того чи іншого методу. Розв’язок таких задач інколи може виконуватися декількома способами. І вибирати з них треба такий, щоб знаходження точок лінії перетину здійснювалося за допомогою найпростіших побудов, та дозволяв отримати характерні та проміжні точок лінії перетину, які і визначають форму цієї лінії.

Постановка завдання. Вивчення додаткових розділів курсу студентами, що мають бажання поглиблено вивчати нарисну геометрію та інженерну графіку, розвиває їх інтелектуальний потенціал та надає їм можливість бути більш підготовленими до професійної конструкторської діяльності. Тому розгляд питання визначення лінії перетину складних поверхонь оптимальним способом, що виходить за межі навчального процесу, також сприяє цій меті [3-7].

Основна частина. При розв'язку задач на перетин поверхонь виникає складне питання оптимального вибору посередника, за допомогою якого реалізується побудова. В даному випадку розглядається застосування площин загального положення як посередників.

Так, визначаємо лінію перетину двох похилих трикутних призм (рис.1) за допомогою площин - посередників загального положення.

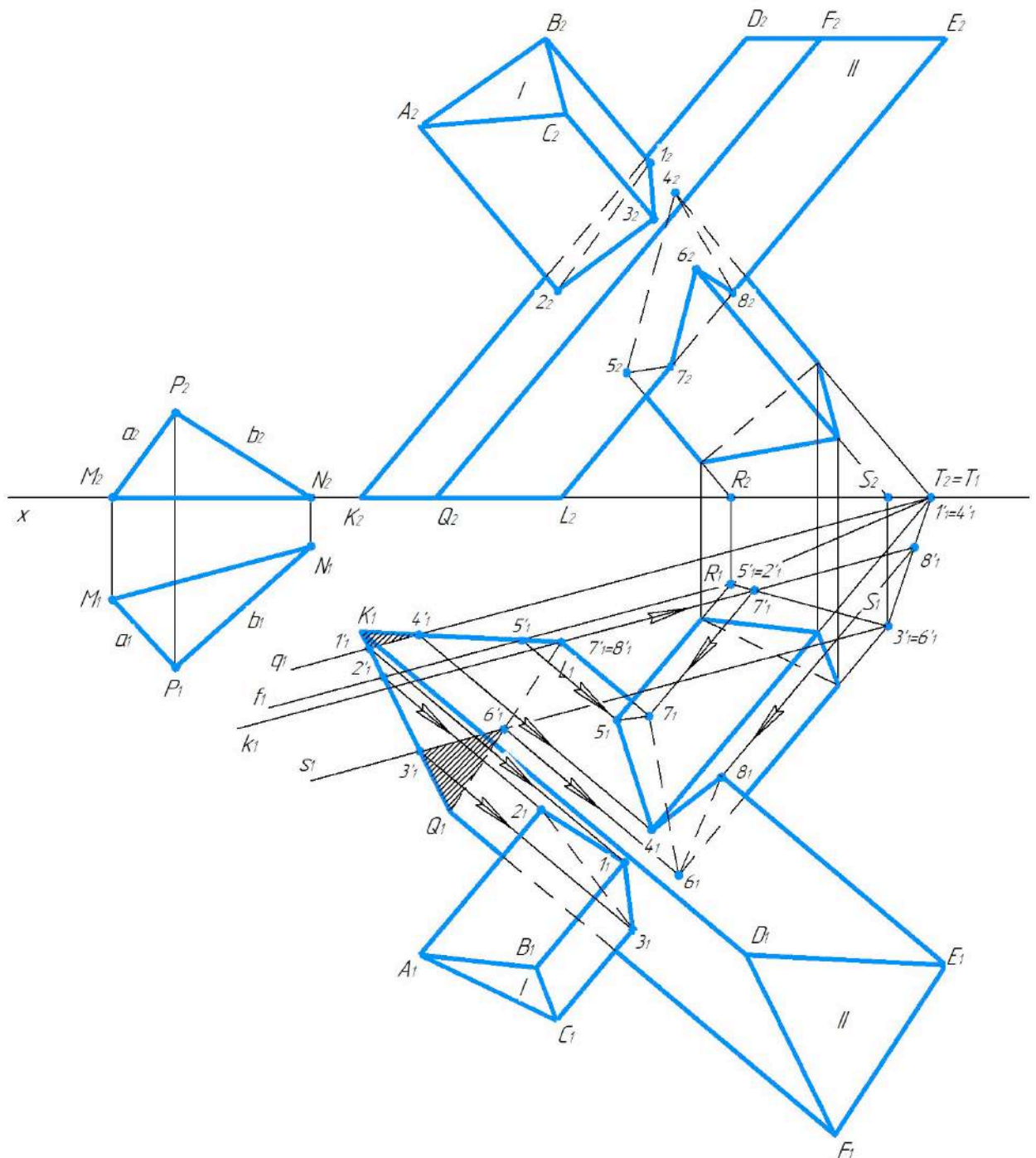


Рис. 1. Визначення лінії перетину двох похилих призм.

Для зручності побудови ребра правої призми подовжимо до їх перетину з площиною проекцій Π_1 і визначимо ΔRST , за яким права призма перетинається з горизонтальною площиною проекцій Π_1 .

Площина загального положення, що паралельна ребрам похилої призми, перетне цю поверхню за прямими, паралельними цим ребрам. Для побудови такої площини її слід провести через пряму, що паралельна бічним ребрам призми.

Якщо перетнути дві призми площиною α , що проходить через дві прямі, одна з яких паралельна ребрам першої призми, а друга паралельна ребрам другої призми, то обидві призми перетнуться нею по прямим, які будуть відповідно паралельними цим ребрам.

Таке ствердження дозволяє нам вибирати найпростіші площини загального положення $\alpha, \alpha', \alpha'', \alpha'''$, що паралельні ребрам обох призм, як посередники для побудови точок, що належать лініям перетину двох похилих призм $ABCRTS$ (I) та $DEFKLM$ (II), нижні основи яких розташовані в горизонтальній площині проекцій Π_1 (рис.1).

Визначимо напрямок горизонтальних слідів q_1, f_1, k_1, s_1 допоміжних січних площин, що паралельні боковим ребрам обох призм. На вільному місці кресленика (рис.1) візьмемо точку $P(P_1, P_1)$ і проведемо через неї пряму $a(a_1, a_2)$ паралельно ребрам лівої призми, та пряму $b(b_1, b_2)$ паралельно ребрам правої призми. Знаходимо горизонтальні сліди прямих a та b точки $M(M_1, M_2)$ та $N(N_1, N_2)$ та з'єднуємо їх. Пряма MN визначає шуканий напрямок.

Першу допоміжну площину α проводимо через ребро TB першої призми I. Горизонтальний слід q_1 площини α буде проходити через горизонтальний слід T_1 цього ребра. Горизонтальний слід s_1 останньої допоміжної площини α''' проведений через горизонтальний слід ребра CS цієї ж призми. Між цими площинами розташовуємо інші допоміжні площини.

Частини поверхні другої призми II, що знаходиться повз простору, що розташований між площинами α та α''' , з поверхнею першої призми I не перетинаються. Відповідні їм частини горизонтальної проекції нижньої основи другої призми, що розташовані нижче сліда f_1 і вище сліда s_1 , на кресленику виділені штриховкою.

Площина α , що проведена через бокове ребро TB першої призми, перетинає поверхню другої призми за прямими, та проходять через горизонтальні проекції точок $1'_1$ та $4'_1$ паралельно її боковим ребрам (на рис.1 показані лише горизонтальні проекції цих прямих). Горизонтальна проекція ребра T_1B_1 першої призми перетинається прямими $1'_1 - 1_1$ та $4'_1 - 4_1$ відповідно у точках 1_1 та 4_1 , які є горизонтальними проекціями точок 1 та 4 перетину ребра TB першої призми I з поверхнею другої призми II.

Фронтальні проекції точок 1_2 та 4_2 точок 1 та 4 знаходимо за умовою належності цих точок відповідному ребру призми (на рис.1 ці лінії зв'язку не показані).

Інші точки, що інцидентні лінії перетину двох призм, знаходимо за аналогічним алгоритмом.

Видимість окремих ділянок ліній перетину призм *I* та *II* можна умовно позначити позначками «+» (плюс) та «-» (мінус), як це зроблено нижче в табл.1. Позначкою плюс позначені видимі ділянки, а знаком мінус– невидимі.

Табл. 1. Визначення видимості лінії перетину.

Видимість	<i>I</i> ламана										
на Π_2		-		+		+					
	1	-	2	-	3	-	1				
на Π_1		+		-		+					
	<i>II</i> ламана										
на Π_2		-		-		+		+		-	
	4	-	5	-	7	-	6	-	8	-	4
на Π_1		+		-		-		-		+	

Видимими на кожній з площин проєкцій будуть ті точки, які видимі на обох поверхнях водночас. Видимі точки з'єднують видимі частини лінії перетину, а до невидимих точок підходять її невидимі частини. Таким чином, видимість обох ліній перетину призми *I* та призми *II* визначена в залежності від видимості кожної грані кожної призми на площинах проєкцій.

Висновки. Для розв'язку задачі перетину двох похилих призм був застосований оптимальний варіант визначення лінії перетину двох поверхонь: лінія перетину двох поверхонь знаходиться за допомогою площин-посередників загального положення. За допомогою наведеного способу була проілюстрована можливість вирішувати складні задачі досить простим способом. Така наявність вибору оптимального рішення задачі розвиває творчі можливості та розширює уявлення студентів про діапазон застосування геометричних методів, що надає можливість підсилити ефективність базової підготовки майбутнього інженера до професійної конструкторської діяльності.

Бібліографічний список

1. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – М: Высшая школа, 1973. – 286с.
2. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. – К: Видавнича група BVH, 2009. – 399с
3. Ятченко М.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Визначення лінії перетину поверхонь за допомогою циліндричних та конічних

посередників. – /Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 6. – К: ДІА, 2017. с.300-303.

4. Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Яцюк О.А. Застосування площин загального положення як посередників при розв'язанні задач на перетин поверхонь. – /Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 4. – К: ДІА, 2015 р. с.37-41.

5. Гритчина К.С., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Про вибір раціонального метода побудови лінії перетину двох поверхонь другого порядку. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.

6. Дубина О.В., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Побудова лінії перетину складних поверхонь за допомогою способу заміни площин проєкцій. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.

7. Дзерун М., Гетьман О.Г. , Білицька Н.В. Застосування способу косокутного проєкціювання при побудові ліній перетину гранних поверхонь. - / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.

ПОБУДОВА ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ЦИЛІНДРА ТА ПІРАМІДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛОЩИН-ПОСЕРЕДНИКІВ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ

Тарасюк М.В., студент,

Гетьман О.Г., к.т.н., доцент,

Білицька Н.В., к.т.н., доцент.

Національний технічний університет України

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
(Україна, м. Київ)*

Анотація – розглядається можливість визначення лінії перетину двох поверхонь за допомогою застосування площин загального положення як посередників.

Ключові слова – перетин поверхонь, лінія перетину, посередники, площини-посередники загального положення, алгоритм побудови, похила піраміда, еліптичний циліндр.

Постановка проблеми. Застосування тих чи інших способів визначення лінії перетину двох поверхонь залежить від виду цих поверхонь та їх розташування у просторі. В курсах нарисної геометрії та інженерної графіки існують різні підходи для визначенні спільних точок двох поверхонь, що належать лінії їх перетину [1,2], але немає універсальних рекомендацій для розв'язку таких задач. У кожному конкретному випадку слід шукати такі алгоритми розв'язку задач, які дадуть можливість застосувати оптимальний спосіб побудови лінії перетину заданих поверхонь.

Аналіз останніх досліджень. Перед розв'язком задачі на перетин поверхонь необхідно ретельно проаналізувати доцільність застосування того чи іншого методу. Розв'язок таких задач інколи може виконуватися декількома способами. І вибирати з них треба такий, щоб визначення точок лінії перетину здійснювалося за допомогою найпростіших побудов. Це важливо для отримання характерних та проміжних точок лінії перетину, які і визначають форму цієї лінії.

Постановка завдання. Вивчення додаткових розділів курсів нарисної геометрії та інженерної графіки студентами, що мають бажання поглиблено вивчати ці дисципліни, розвиває їх інтелектуальний потенціал та надає їм можливість бути більш підготовленими до професійної конструкторської діяльності. Тому розгляд питання визначення лінії перетину складних поверхонь оптимальним способом, що виходить за межі навчального процесу, також сприяє цій меті [3-9].

Основна частина. При розв'язку задач на перетин поверхонь перше визначається форма лінії перетину, що зазвичай не стикається з труднощами, а потім виникає більш складне питання оптимального вибору посередника, за допомогою якого реалізується побудова.

Розглянемо, як визначається лінія перетину похилої трикутної піраміди з еліптичним циліндром загального положення. Для розв'язку цієї задачі можна застосувати допоміжні площини-посередники, які проходять через грані піраміди. Але побудова ліній перерізу похилого еліптичного циліндра площинами загального положення досить складна. Вона потребує перетворення проєкцій. Оптимальним варіантом розв'язку цієї задачі буде застосування як посередників площин загального положення, що проведені паралельно твірним циліндра.

Таким чином, при побудові лінії перетину цих поверхонь найпростішими є такі площини загального положення, що проходять через вершину піраміди та паралельні твірним циліндра (рис.1). Вони перетинають циліндр за твірними, а піраміду – за прямими, які проходять через її вершину S .

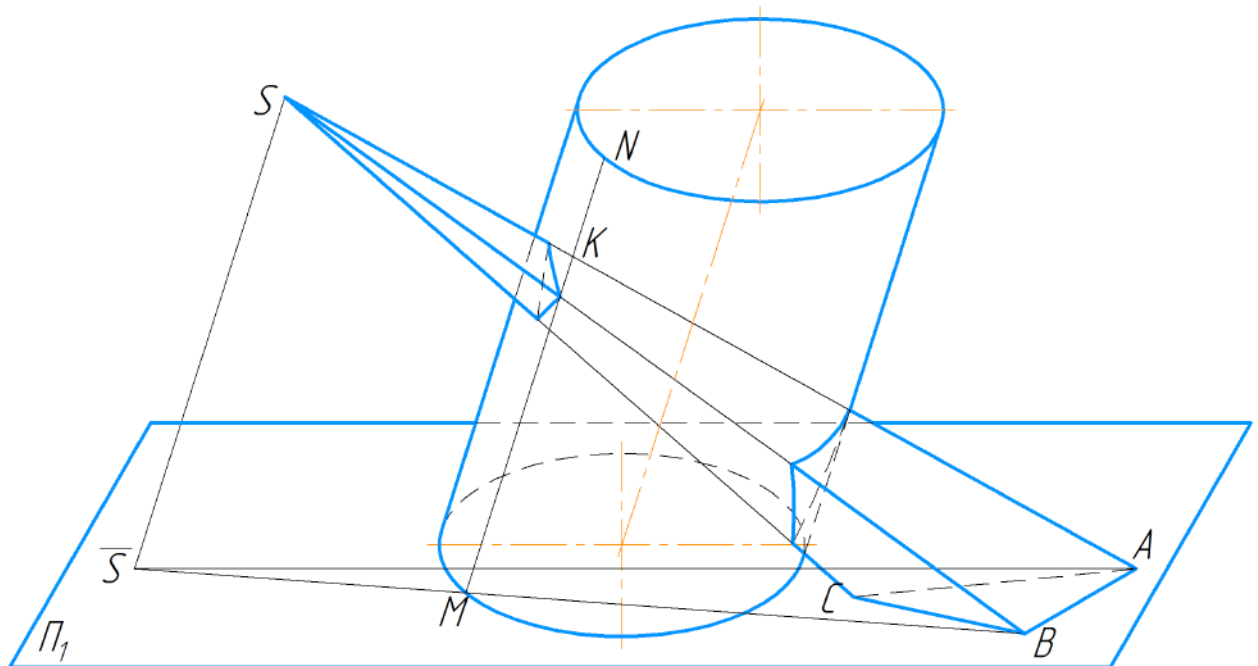


Рис. 1. Модель розв'язку задачі перетину поверхонь

Січні площини-посередники утворюються двома прямими загального положення: прямою, що проходить через вершину S піраміди паралельно твірним циліндра і будь-якою прямою, що проходить через горизонтальний слід цієї прямої $\overline{SS}$. На рис.1 показані межі існування таких січних площин та схема знаходження однієї з точок, що належить лінії перетину. Це точка K , яка визначається на перетині ребра SB та твірної циліндра, яка проведена з відповідної точки M .

Розглянемо розв'язок цієї задачі на комплексному кресленнику (рис.2).

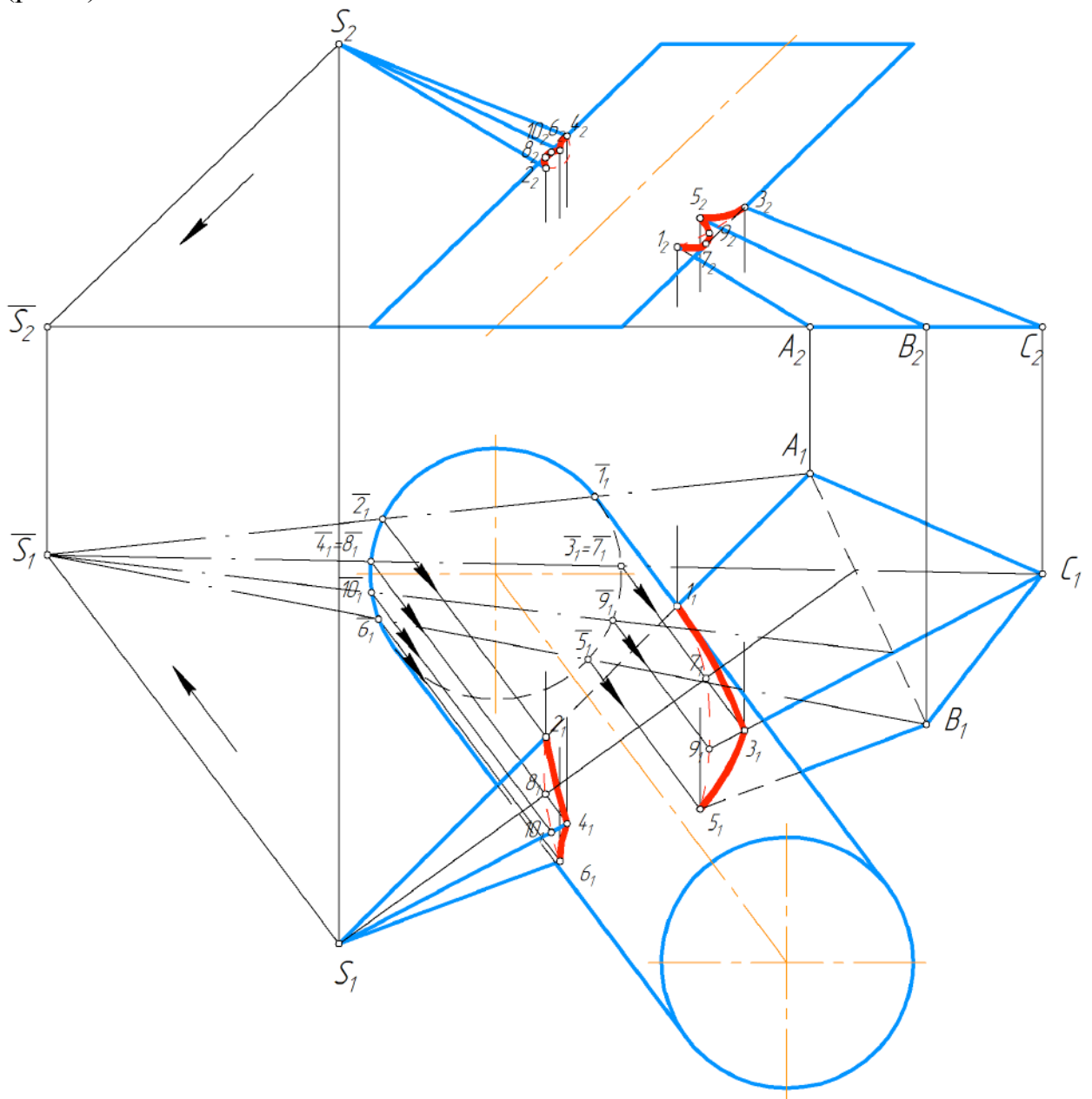


Рис. 2. Розв'язок задачі перетину поверхонь на комплексному кресленнику

Пряма, що розташована паралельно твірним циліндру і проходить через вершину піраміди $S(S_1, S_2)$, перетне горизонтальну площину Π_1 у точці $\bar{S}(\bar{S}_1, \bar{S}_2)$. Це горизонтальний слід цієї прямої.

Якщо горизонтальну проекцію $\bar{S}_1$ цього сліду з'єднаємо із горизонтальними проекціями A_1 та B_1 вершин A та B основи піраміди, то отримаємо горизонтальні проекції прямих $\bar{S}_1A_1$ та $\bar{S}_1B_1$, які будуть межами слідів площин - посередників загального положення. Вони перетнуть основу циліндра на Π_1 за горизонтальними проекціями точок $\bar{1}_1$ та $\bar{2}_1$, $\bar{5}_1$ та $\bar{6}_1$. Горизонтальні проекції твірних циліндра, що виходять із цих проекцій точок, перетинаються із горизонтальними проекціями ребер піраміди S_1A_1

та $S_I B_I$, і таким чином ми отримуємо горизонтальні проекції крайніх точок лінії перетину похилої піраміди із еліптичним циліндром 1_I та 2_I , 5_I та 6_I . Аналогічно знаходимо горизонтальну проекцію точок входу 3_I та виходу 4_I горизонтальної проекції ребра $S_I C_I$ на поверхні еліптичного циліндра.

Грані похилої піраміди $SABC$ перетинають поверхню еліптичного циліндра за частинами еліпсів, тому для визначення їх форми проводимо ще декілька слідів січних площин загального положення і отримуємо додаткові горизонтальні проекції точок 7_I , 8_I , 9_I , та 10_I .

Після того, як будуть знайдені горизонтальні проекції точок лінії перетину похилої піраміди та еліптичного циліндра, за умовою належності точок поверхням, знаходимо фронтальні проекції цих точок. З'єднуємо отримані горизонтальні та фронтальні проекції точок плавними кривими.

Видимість горизонтальної та фронтальної проекцій лінії перетину (частин еліпсів) заданих поверхонь регламентує видимість граней похилої призми. Тобто, видимими є ті частини лінії перетину, які належать видимим граням призми, а невидимі частини лінії перетину розташовані на невидимих гранях.

Висновки. Для визначення лінії перетину поверхонь похилої трикутної піраміди з еліптичним циліндром був застосований оптимальний варіант побудови: лінія перетину двох поверхонь знайдена за допомогою площин-посередників загального положення. За допомогою наведеного способу проілюстрована можливість вирішувати складні задачі досить простим способом. Такий підхід розвиває творчі можливості та розширює уявлення студентів про діапазон застосування геометричних методів і, в свою чергу, підвищує ефективність базової підготовки до професійної конструкторської діяльності.

Бібліографічний список

1. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. – М: Высшая школа, 1973. – 286с.
2. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. Інженерна графіка. – К: Видавнича група ВНУ, 2009. – 399с
3. Ятченко М.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Визначення лінії перетину поверхонь за допомогою циліндричних та конічних посередників. – /Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 6. – К: ДІА, 2017. с.300-303.
4. Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Яцюк О.А. Застосування площин загального положення як посередників при розв'язанні задач на перетин поверхонь. – /Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн,

об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» Випуск 4. – К: ДІА, 2015 р. с.37-41.

5. Гритчина К.С., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Про вибір раціонального метода побудови лінії перетину двох поверхонь другого порядку. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с.65-67.

6. Дубина О.В., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Побудова лінії перетину складних поверхонь за допомогою способу заміни площин проєкцій. – / Матеріали 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Випуск 5. –К: ДІА, 2016 р. с 49-54.

7. Дзерун М., Гетьман О.Г. , Білицька Н.В. Застосування способу косокутного проєкціювання при побудові ліній перетину гранних поверхонь. - / Матеріали 8-й Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Вип.8.-К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С.205-208.

8. Данилов В.О., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Побудова лінії перетину деяких поверхонь методом ексцентричних сфер. - // Збірник доповідей IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. 2020, стор. 98-101.

9. Демчук М., Юров М., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Застосування методів перетворення кресленика для визначення лінії перетину двох поверхонь. //Збірник доповідей X-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 10. 2021, стор. 37-41.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗВ'ЯЗКУ ДЕЯКИХ МЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Боряченко О.В., студент,
Лесько О.М., студент,
Москаленко С.В., студент,
Гетьман О.Г., к.т.н., доцент,
Білицька Н.В., к.т.н., доцент.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
(Україна, м. Київ)*

Анотація – розглядається можливість вибору найбільш раціональних методів розв'язку деяких метричних задач нарисної геометрії. Порівняння виконано на прикладі розв'язку однієї й тієї ж задачі класичним способом, із застосуванням способу заміни площин проекцій та способу обертання навколо лінії рівня.

Ключові слова – лінії рівня, спосіб заміни площин проекцій, спосіб обертання навколо лінії рівня, метричні задачі, перпендикулярність.

Постановка проблеми. В нарисній геометрії може існувати декілька варіантів розв'язку однієї й тієї ж задачі. Але для повної оптимізації алгоритму отримання результату не слід забувати і про методи перетворення проекцій, за допомогою яких теж є можливість скоротити процес розв'язку задачі. Тому у кожному конкретному випадку треба вибирати найкращий з них.

Аналіз останніх досліджень. Розв'язок деяких метричних задач нарисної геометрії інколи буває досить складним. Це стосується задач на перпендикулярність, на пошук ліній перетину площин, перетин прямої загального положення з площиною та інших. У таких випадках буває доцільним застосування методів, що спрощують хід побудов для отримання результатів розв'язку складних задач [1-3]. Це такі методи як перетворення комплексного креслення, метод косокутного проєкціювання, методи проєктивної геометрії.

Постановка завдання. Для вибору оптимального варіанту розв'язку метричних задач студенти повинні мати досить широкий кругозір. Для цього інколи необхідно вивчення додаткових розділів дисципліни [4,5]. Поглиблене вивчення курсу нарисної геометрії розвиває їх інтелектуальний потенціал та надає їм можливість бути більш підготовленими до професійної конструкторської діяльності. Тому розгляд питання про вибір оптимального варіанта розв'язку конкретної задачі має неабияке значення.

Основна частина. Інколи виникають ситуації, коли розв'язок метричних задач буває дуже складним і потребує від студентів поглибленого знання багатьох розділів дисципліни. У деяких випадках застосування методів перетворення комплексного креслення значно спрощує пошук результату.

У наведеному дослідженні аналізуються варіанти розв'язку задачі на визначення кута нахилу прямої до площини, причому і пряма, і площина займають загальне положення.

Таким чином, необхідно визначити кут між прямою l та площиною $\Sigma(a // b)$ (рис.1а).

Визначити кут між прямою l та площиною $\Sigma(a // b)$

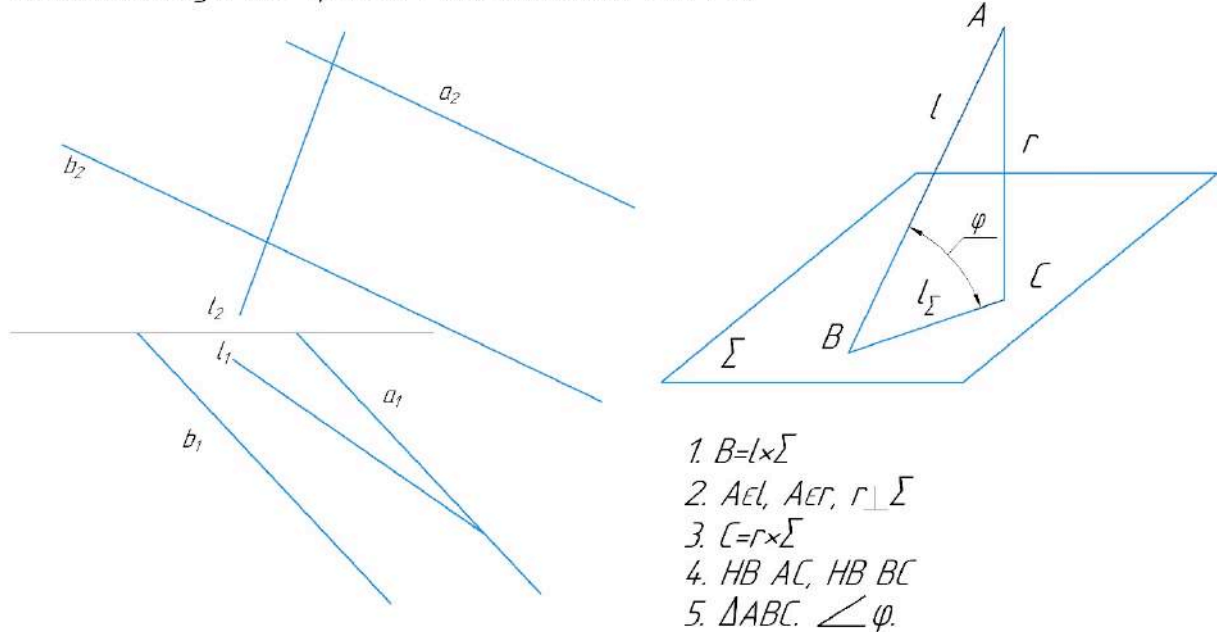


Рис. 1а. Умова та просторова модель метричної задачі.

Розглянемо просторову модель, що також наведена на рис.1а.

Для визначення кута між прямою та площиною необхідно, по-перше, знайти точку перетину цієї прямої із площиною (точку B). Після чого із довільної точки A , що інцидентна прямій l , опускаємо перпендикуляр r на задану площину та знаходимо точку перетину цього перпендикуляра із заданою площиною. Ця точка на просторовій моделі позначена як точка C .

З'єднавши точки A , B , та C , отримуємо прямокутний трикутник, у якому шуканий кут φ між прямою l та площиною $\Sigma(a // b)$ вимірюється між катетом BC та гіпотенузою AC .

Наводимо розв'язок цієї задачі на комплексному кресленні.

На рис.1б знайдена точка перетину прямої l з площиною $\Sigma(a // b)$.

Для цього пряму l заключаємо у площину-посередник $\Delta(\Delta_2)$ і знаходимо пряму l_2 ($l_2 2_2, l_1 2_1$), за якою перетинаються площина-посередник $\Delta(\Delta_2)$ із заданою площиною $\Sigma(a // b)$. Пряма l_2 ($l_2 2_2, l_1 2_1$)

перетинається із заданою прямою $l(l_2, l_1)$ у точці $B(B_2, B_1)$, яка і є шуканою точкою перетину прямої l та площини $\Sigma (a // b)$.

Побудова перпендикуляра наведена на рис.1в.

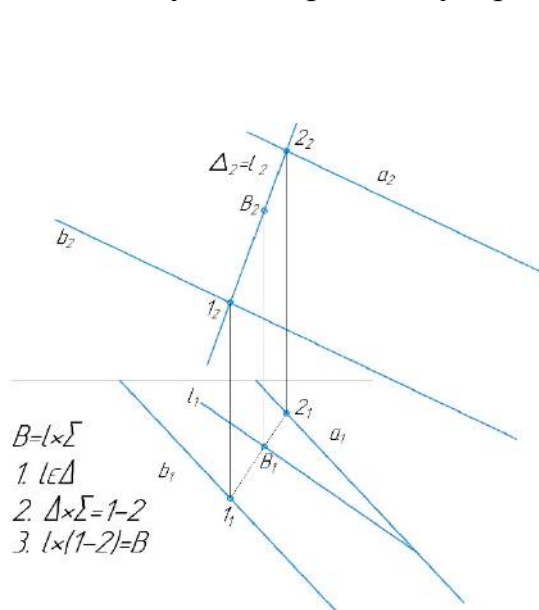


Рис. 1б. Побудова точки перетину прямої з площиною.

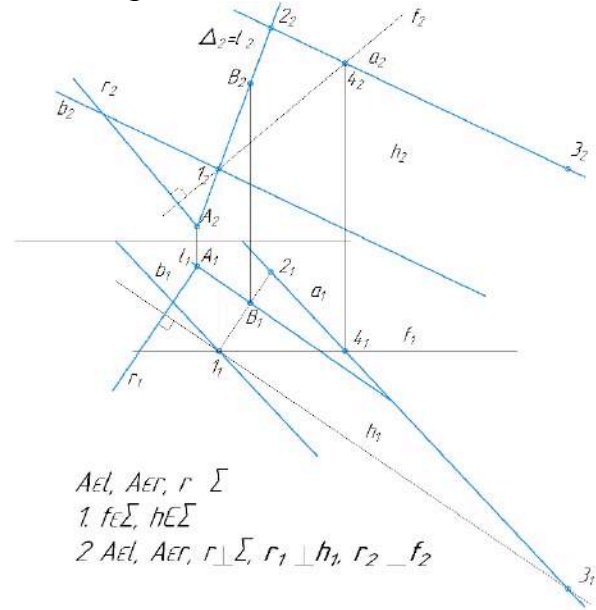


Рис. 1в. Побудова перпендикуляра до площини.

На прямій $l(l_1, l_2)$ виберемо довільну точку $A(A_1, A_2)$ і з неї проводимо перпендикуляр $r(r_1, r_2)$ до заданої площини $\Sigma(a // b)$. Фронтальна проекція r_2 цього перпендикуляра буде розташована перпендикулярно фронтальній проекції f_2 фронталі заданої площини, а горизонтальна проекція r_1 – перпендикулярно горизонтальній проекції h_1 горизонталі.

Визначаємо точку перетину перпендикуляра r із заданою площиною $\Sigma (a // b)$. Для цього заключаємо пряму $r(r_2, r_1)$ у площину-посередник $\Omega(\Omega_1)$ і знаходимо її лінію перетину $56(5_2 6_2, 5_1 6_1)$ із заданою площиною. Пряма $56(5_2 6_2, 5_1 6_1)$ перетинається з перпендикуляром $r(r_2, r_1)$ у точці $C(C_2, C_1)$, яка і є основою перпендикуляра (рис.1г).

З'єднавши точки A, B, C на обох проекціях, отримаємо проекції прямокутного трикутника $ABC (A_2 B_2 C_2, A_1 B_1 C_1)$ (рис.1д). Але для того, щоб визначити натуральну величину кута нахилу прямої до площини, необхідно отримати натуральні величини сторін трикутника ABC . Оскільки трикутник ABC прямокутний (рис.1а), то для його побудови без спотворення достатньо визначити натуральні величини сторін BC та AC . Так, для визначення натуральної величини відрізка AC відкладемо від горизонтальної проекції C_1 під прямим кутом до проекції $A_1 C_1$ різницю висот точок A і C та отримаємо точку C_0 , яку з'єднаємо з проекцією точки A_1 (рис.1д). Відрізок $A_1 C_0$ (гіпотенуза отриманого прямокутного трикутника $A_1 C_1 C_0$) і є натуральною величиною відрізка AC . За відомим алгоритмом знаходимо натуральну величину відрізка BC .

Побудувавши прямокутний трикутник ABC за натуральними величинами двох катетів BC та AC (рис.1е), визначаємо кут нахилу φ прямої l до площини $\Sigma(a/b)$. Він утворюється гіпотенузою AB і катетом AC (рис.1е).

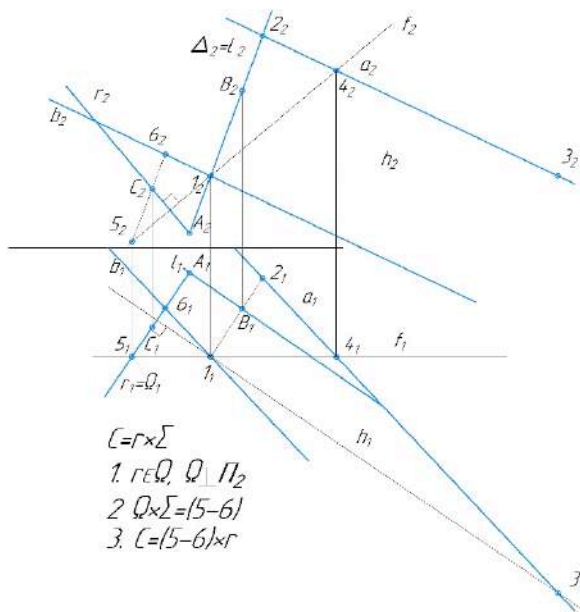


Рис. 1г. Побудова точки перетину перпендикуляра з площиною.

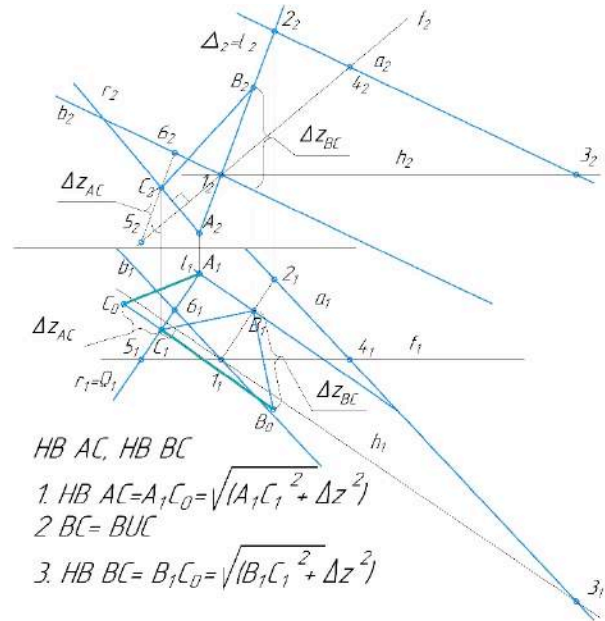


Рис. 1д. Побудова натуральних величин катетів.

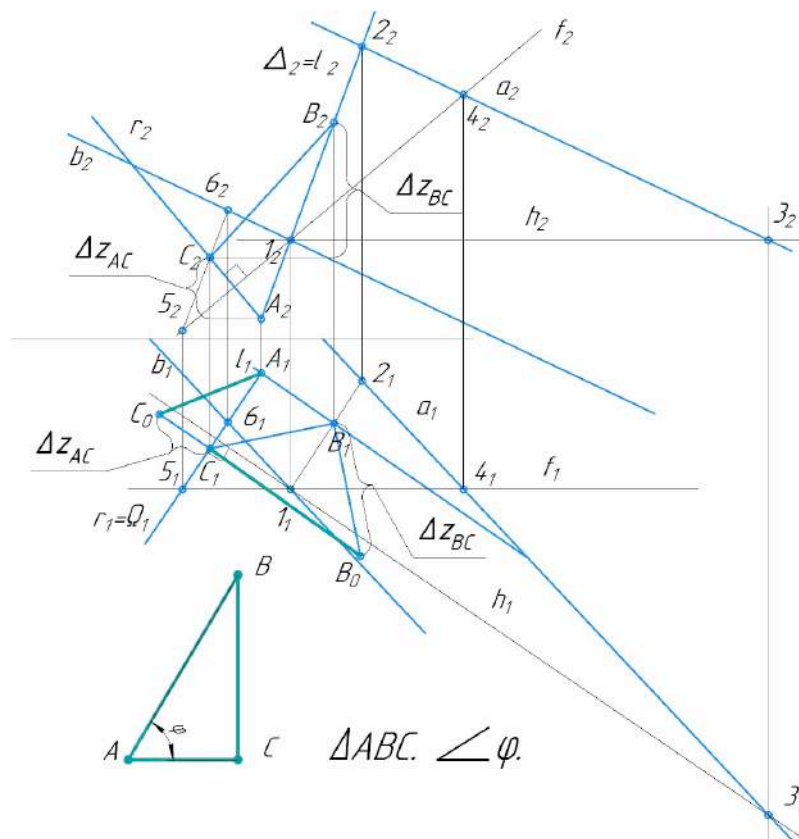
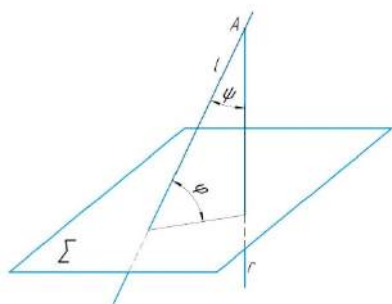


Рис. 1е. Визначення кута нахилу прямої до площини.

Але є й інші підходи для розв'язку цієї задачі. Розглянемо визначення кута нахилу прямої l до площини $\Sigma(a//b)$ методом обертання навколо лінії рівня. Вказаним методом достатньо просто знайти натуральну величину кута нахилу прямої до заданої площини.

Візьмемо на прямій l довільну точку A та опустимо з неї перпендикуляр на задану площину (рис.2). Задана пряма та перпендикуляр утворюють кут ψ , а кут φ буде визначеним як $90^\circ - \psi$.



1. $A \in l, A \in r, r \perp \Sigma$
2. $h' \in \Omega(l \times r)$
3. $A \in h', \Omega \parallel \Pi_1$
4. $\angle l \wedge \bar{r} = \angle \varphi$
5. $\psi = 90^\circ - \varphi$

Рис. 2. Алгоритм визначення кута нахилу прямої до площини за допомогою метода обертання.

Розглянемо, як виконується побудова кута ψ на комплексному кресленнику (рис.3). Візьмемо довільну точку A (A_2, A_1) на прямій $l(l_2, l_1)$. Фронтальна проекція r_2 прямої, що перпендикулярна площині, буде розташована перпендикулярно фронтальній проекції f_2 фронталі заданої площини, а горизонтальна проекція r_1 - перпендикулярно горизонтальній проекції h_1 горизонталі. Тому перш за все проводимо у заданій площині горизонталь $h(h_2, h_1)$ та фронталь $f(f_2, f_1)$. Це надасть можливість побудувати горизонтальну проекцію r_1 та фронтальну проекцію r_2 шуканого перпендикуляра r .

Тепер повернемо площину загального положення $\Omega(r \cap l)$ навколо лінії рівня цієї площини до положення площини рівня, щоб визначити натуральну величину кута ψ . Тобто будемо обертати точку A навколо довільної горизонталі до суміщення із горизонтальною площиною.

Для цього у площині $\Omega(r \cap l)$ проводимо горизонталь h' та обертаємо точку A навколо цієї горизонталі. При своєму русі вона буде переміщуватися перпендикулярно h' в площині $\Delta(\Delta_1)$ і при суміщенні із горизонтальною площиною, що проходить через горизонталь h' , радіус її обертання $AO(A_2O_2, A_1O_1)$ повинен дорівнювати своїй натуральній величині. Визначаємо $|AO|$ за правилом прямокутного трикутника, один катет якого – це горизонтальна проекція A_1O_1 , а другий – різниця висот точок A та O . Гіпотенуза RoB і є шуканою натуральною величиною радіуса обертання. Відкладаємо цю величину від горизонтальної проекції центра обертання O_1 по напрямленню руху точки A_1 вздовж сліду-проекції $\Delta(\Delta_1)$.

Таким чином, ми отримали горизонтальну проекцію поверненої точки A'_1 . Горизонтальні проекції точок 4_1 та 5_1 при обертанні навколо горизонталі h' залишаються нерухомими. Тому трикутник $4_1 5_1 A'_1$ представлений в натуральну величину і кут ψ – це кут $4_1 A'_1 5_1$, а сам шуканий кут φ на рис. 3 показаний як додатковий до 90° .

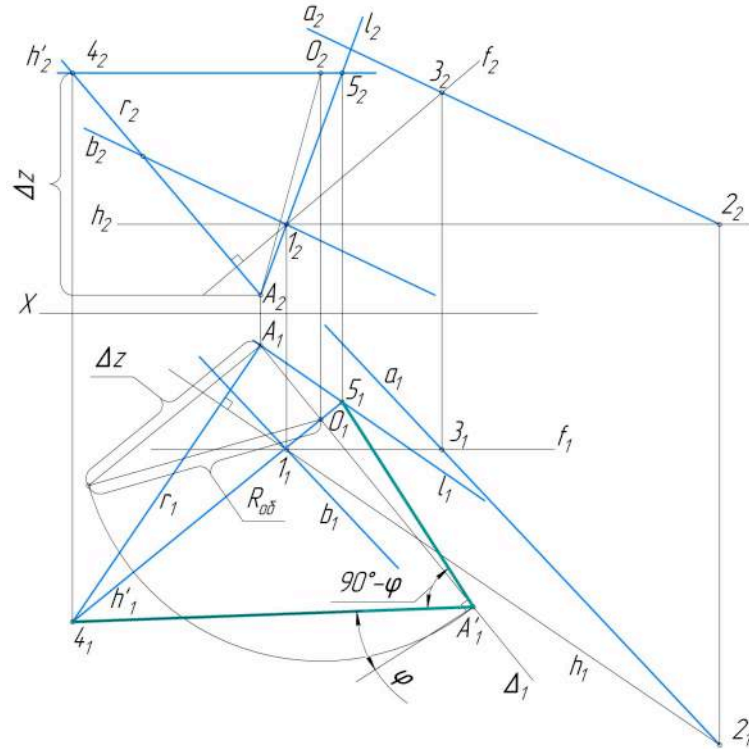


Рис. 3. Розв'язок задачі на комплексному кресленику.

На рис. 4 наведено розв'язок цієї ж задачі методом заміни площин проекцій.

Оскільки задана площина $\Sigma(a/b)$ – це площина загального положення, то для визначення кута нахилу прямої загального положення l застосуємо наступний алгоритм.

Спочатку перетворимо задану площину за допомогою довільної фронталі $f(f_2, f_1)$ у проекціюючу площину. $x_{\frac{\Pi_2}{\Pi_1}} \rightarrow x_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_4}$. Для цього нову площину проєкцій Π_4 розташуємо перпендикулярно фронталі $f(f_2, f_1)$. Тобто у цій системі площин проєкцій $x_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_4}$ задана площина буде перетворена на проекціюючу $\Sigma(\Sigma_4)$, а пряма l , яка для зручності побудови задається також двома точками $CD (C_2 D_2, C_1 D_1)$, залишається прямою загального положення. При цьому перетворенні ми не бачимо натуральну величину кута нахилу прямої до заданої площини.

Виконаємо перетворення площин проєкцій $x_1 \frac{\Pi_2}{\Pi_4} \rightarrow x_2 \frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ таким чином, щоб площина $\Sigma(a // b)$ була представлена площиною рівня. Для цього нову площину проєкцій Π_5 розташуємо паралельно $\Sigma(\Sigma_4)$. Але задана

пряма $l (CD (C_2D_2, C_1D_1))$ при такому перетворенні і в цьому випадку буде прямою загального положення.

1. $x \frac{\pi_2}{\pi_1} - x_{1\pi_4}, \pi_4 \perp \Sigma$
2. $x_{1\pi_4} - x_{2\pi_5}, \pi_5 \parallel \Sigma$
3. $x_{2\pi_5} - x_{3\pi_6}, \pi_6 \parallel l$
4. $\angle \varphi$.

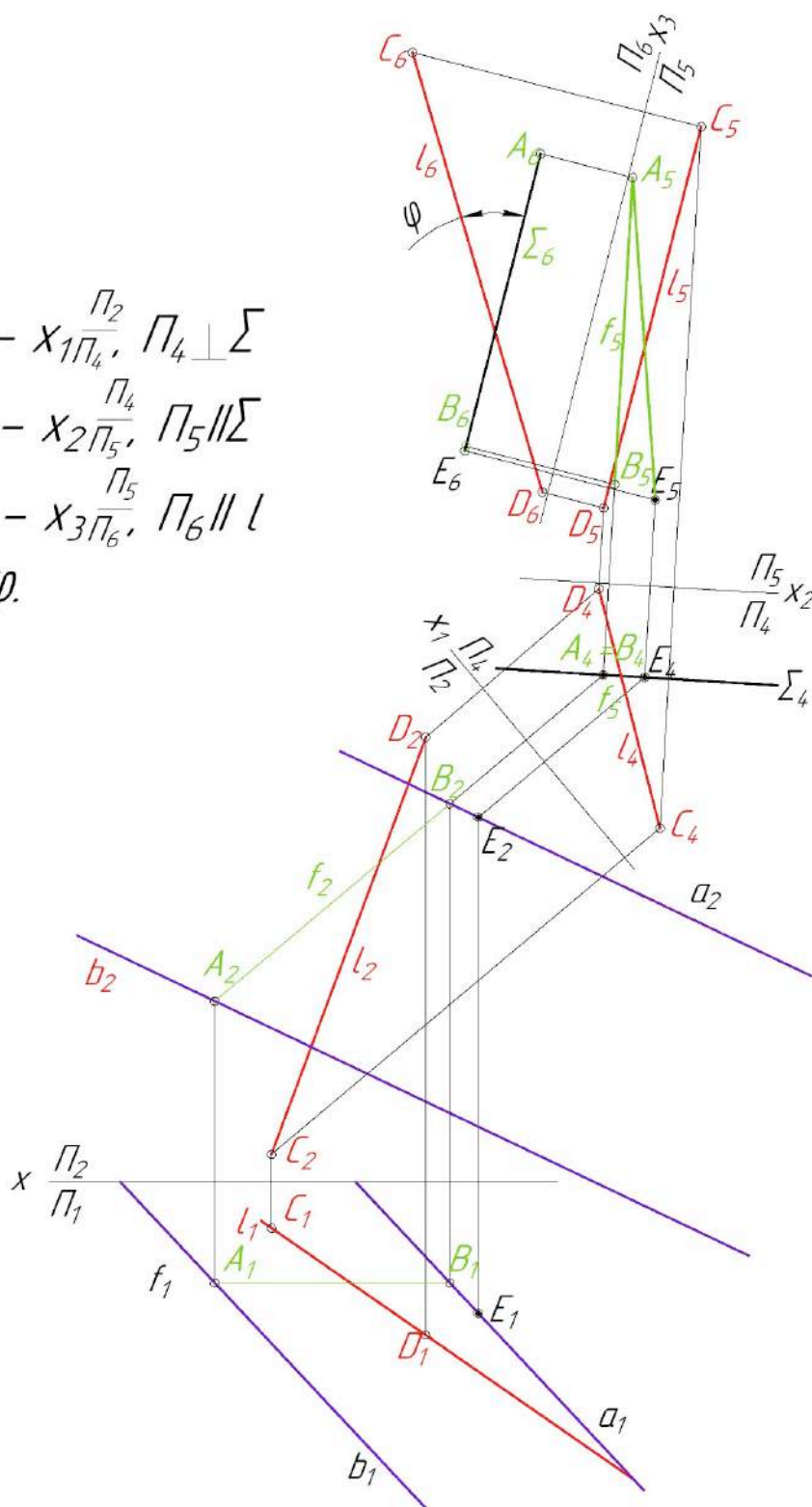


Рис. 4. Розв'язок задачі методом заміни площин проєкцій.

І тільки після перетворення, яке дозволить пряму l побачити як пряму рівня, визначимо натуральну величину кута між цією прямою та заданою площиною $\Sigma(a // b)$. Щоб досягти такого результату, зробимо

заміну площин проекцій $x_2 \frac{P_4}{P_5} \rightarrow x_3 \frac{P_5}{P_6}$ так, щоб нова площина проекцій P_6 стала паралельною прямій $l((CD (C_5D_5, C_6D_6))$. Пряма у цій системі площин проекцій стала прямою рівня, а задана площина – площиною рівня. Тому на площині проекцій P_6 шуканий кут між заданими площиною $\Sigma(a // b)$ та прямою l буде представлений в натуральну величину.

Порівняння наведених методів розв'язку задачі безперечно віддає перевагу методу обертання навколо лінії рівня. Він потребує найменш графічних побудов, займає найменше часу й надає найбільшу точність результату вирішення задачі.

Висновки. Для розв'язку розглянутої задачі були застосовані традиційний метод, метод обертання навколо лінії рівня та метод заміни площин проекцій. Використання цих методів та аналіз їх застосування розвиває просторово-логічне мислення студента. Поглиблене вивчення курсу нарисної геометрії розвиває інтелектуальний потенціал студента і надає їм можливість бути більш підготовленими до професійної конструкторської діяльності. Тому розгляд питання про вибір оптимального варіанта розв'язку конкретної задачі має неабияке значення і вирішується у кожному конкретному випадку з урахуванням низки вимог.

Такий підхід готує студентів до подальшої ефективної діяльності у професійної галузі.

Бібліографічний список

1. Бубенников А.В. Начертательная геометрия./ Бубенников А.В., Громов М.Я. – М: Высшая школа, 1973. – 286с.
2. Інженерна графіка. /Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г. – К: Видавнича група ВНУ, 2009. – 399с.
3. Короткий курс лекцій з інженерної графіки для студентів немеханічних спеціальностей [Електронний ресурс]:. – Електронні текстові дані (1 файл : 72,1 Мбайт). / Ванін В.В., Білицька Н.В., Гетьман О.Г., Міхлевська Н.В. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013.- 44 с.
4. Волочнюк М.В., Гетьман О.Г., Білицька Н.В. Оптимізація розв'язку деяких метричних задач нарисної геометрії. // Збірник доповідей IX-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 9. 2020, стор. 84-88.
5. Демчук М., Юров М., Білицька Н.В., Гетьман О.Г. Застосування методів перетворення кресленика для визначення лінії перетину двох поверхонь. // Збірник доповідей X-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених». – Випуск 10. 2021, стор. 30-35

ДО ПИТАННЯ ВИВЧАННЯ КУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Колосова О. П., к. т. н., доцент;

Баскова Г. В., ст. викладач;

Лапка Б. В., студент.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,

(Україна, м. Київ)

Анотація – описано завдання з теми «Виконання робочого кресленика деталі типу «Колесо зубчасте». Особливості розробки креслеників зубчастих деталей» в умовах дистанційного навчання.

Ключові слова – інженерна графіка, робочий кресленик, типова деталь, колесо зубчасте.

Постановка проблеми. Розробка ескізів та робочих креслеників типових деталей є однією з фундаментальних тем технічного креслення, інженерної графіки. Серед типових деталей окремою групою стоять зубчасті деталі, а саме, колесо зубчасте. Деталь, порівняно з іншими типовими деталями: гайка накидна, вал, кришка, корпус [1, 2], має особливості зображення на кресленнику і оформлення кресленика взагалі. Алгоритм, за яким виконується кресленик зубчастих деталей, відрізняється від інших алгоритмів побудов типових деталей. За своїм функціональним призначенням зубчаста деталь передбачає геометричний розрахунок, роботу з довідковою, спеціальною технічною літературою та стандартами. Таким чином студенти в ході роботи над креслеником зубчастого колеса розширюють практичні навички виконання робочих креслеників деталей.

Запропоноване завдання зручне при вивченні теми за скороченими програмами курсу та в умовах дистанційного навчання.

Аналіз останніх досліджень і постановка завдання. Деталь «Колесо зубчасте» розглядають в розділі технічного креслення «Розробка ескізів і робочих креслеників типових деталей» курсу інженерної графіки.. В ході вивчення цієї теми кожна деталь розглядається в «натурі» і через зорове сприйняття її за допомогою стандартної системи зображень суміщається з площиною кресленика і оформлюється за основними правилами виконання креслеників, згідно стандартів. В ході виконання кресленика зубчастого колеса дотримувалися наступної послідовності:

- ознайомлення з конструкцією деталі, визначення її технологічних та конструктивних елементів: зубців, фасок, шпонкових пазів, шліців тощо;

- визначення основних параметрів деталі: число зубців, діаметр кола вершин;
- виконання геометричного розрахунку зубчастого колеса;
- визначення необхідних зображень деталі: головний вид, кількість;
- підготовка формату кресленика: виконання та заповнення таблиці параметрів і основного напису;
- виконання зображень деталі;
- нанесення розмірів та шорсткості поверхонь;
- нанесення технічних вимог.

В умовах дистанційного та заочного навчання студентів, тобто з відсутністю «натури», моделювання кресленика зубчастого колеса реалізується за наведеним завданням, яке містить його аксонометричне зображення та конструктивні, технологічні його параметри. Запропоновані універсальні базові моделі колеса зубчастого дозволяють легко виконувати кресленики інших аналогічних деталей.

Завдання зручно використовувати для вивчення курсу комп'ютерної графіки та одночасно отримувати основні практичні навички виконання креслеників зубчастих деталей.

Основна частина. Завдання до виконання кресленика «Колесо зубчасте» наведено на двох рисунках (рис.1, рис.2).

Воно містить:

1. Аксонометричні зображення двох типів зубчастих коліс: циліндричне зубчасте колесо та циліндричне зубчасте колесо з маточиною, з нанесеними на них параметрами розмірів (рис.1).
2. Значення розмірів параметрів колеса наведено за варіантами в таблиці 1 та таблиці 2 (рис.2).
3. Особливості зображення зубчастого колеса показано на рисунку 4 (рис.2) за допомогою ліній зв'язку геометричних та конструктивних параметрів деталі.
4. Форма, розміри, розташування таблиці параметрів циліндричного зубчастого колеса показано на рисунку 5а (рис.2).

Вибір запропонованих в завданні типів циліндричних зубчастих коліс, обумовлений тим, що подібні форми та з'єднання їх з іншими деталями найбільш поширені в техніці. Цей простіший варіант завдання є базовим для моделювання креслеників інших зубчастих деталей. Наведені конструкції дозволяють чітко показати особливості зображення зубчастої деталі та особливості оформлення її кресленика, їх відмінність від креслеників інших типових деталей.

В таблиці 1 (рис.2) задані такі конструктивні та технологічні параметри, як діаметр отвору, фаски. Для визначення розмірів пазу під призматичну шпонку, згідно стандарту, наведено таблицю 2 (рис.2). Це дозволяє на практиці розглянути питання розрахунку, зображення та

нанесення розмірів на креслениках зубчастих деталей, набуття навичок роботи зі стандартами та іншою довідковою літературою.

Тема: Зубчасте колесо

Завдання: Розрахувати та виконати на форматі А3 робочий кресленик зубчастого колеса.

Послідовність виконання завдання.

1. За варіантами (табл.1) визначити вид зубчастого колеса (рис.1 або рис.2) та відповідні параметри, після чого розрахувати параметри d , d_a , d_f (рис. 3) за формулами (1) – (3). Визначити розміри паза під призматичну шпонку (табл. 2 рис.5).
2. Виконати кресленик зубчастого колеса: повздовжній фронтальний розріз на місці головного виду та вид зліва, в масштабі 1:1 або 2:1. При виконанні зображень врахувати особливості проведення ліній діаметрів (рис.4). Проставити розміри, вказати значення шорсткості та технічні вимоги у відповідності зі зразком кресленика (рис.6).
3. У верхньому лівому куті кресленика розмістити таблицю параметрів зубчастого колеса (рис. 5, а) і заповнити її.
Зауваження: при виконанні таблиці звернути увагу на товщину ліній.
4. Заповнити основний напис. Вказати матеріал:
Сталь 20 ДСТУ7809:2015 для рис.1;
Сталь 40Х ДСТУ7806:2015 для рис.2.

Основні геометричні параметри зубчастого колеса

m – модуль; z – число зубців; p – крок зачеплення; d_0 – діаметр вала; d_m – діаметр маточиною; b_0 – ширина зубчастого вінця; l – довжина колеса; c_1, c_2, c_3 – фаски (рис.1 та рис.2)

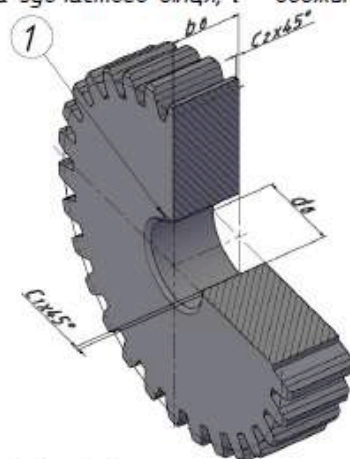


Рис.1. Циліндричне зубчасте колесо:
1-паз під призматичну шпонку.

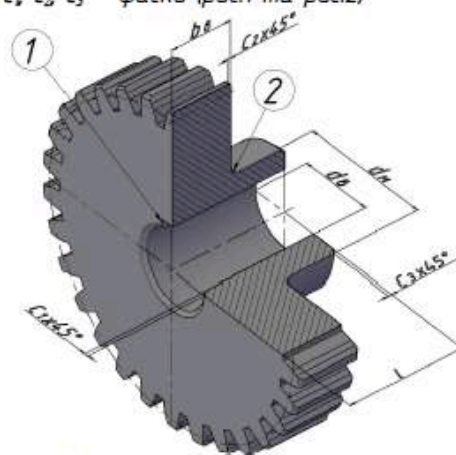


Рис.2. Циліндричне зубчасте колесо з маточиною: 1 – паз під призматичну шпонку, 2 – галтель.

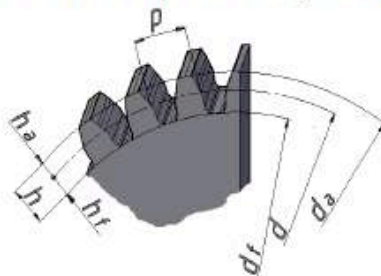


Рис.3. Параметри циліндричного зубчастого колеса

m – модуль	$m = P/\pi$	(1)
d – дільний діаметр	$d = mz$	(2);
d_a – діаметр кола вершин	$d_a = m(z+2)$	(3);
d_f – діаметр кола западин	$d_f = m(z-2,5)$	(4).

Рис. 1. Завдання до робочого кресленика деталі «Колесо зубчасте».
Основні геометричні параметри.

Таблиця 1

		Завдання, мм								
№ варіанта	№ рис.	m	z	d_o	b_o	d_n	l	c_1	c_2	c_3
1	15	2	1,5	36	10	10	18	20	2	1,6
2	16		2	24	12	12	20	22	1,6	1
3	17	1	2,5	40	16	15	-	-	2	1,6
4	18		3	32	20	20	-	-	2,5	1,6
5	19	2	2,5	42	18	18	26	30	3	2
6	20		3	36	20	16	28	28	3	1,6
7	21	1	1,5	30	8	6	-	-	1,6	1
8	22		2	25	10	8	-	-	1,6	1
9	23	2	2	21	8	8	14	16	1,6	1
10	24		2,5	38	14	14	22	25	2,5	1,6
11	25	1	4	30	20	20	-	-	2,5	2
12	26		3	40	18	16	-	-	2,5	1,6
13	27	2	1,5	28	8	6	16	11	1,6	1
14	28		4	25	20	10	40	20	2,5	2

Особливості зображення зубчастих колес

Таблиця 2
Розміри паза під
призматичну шпонку
за ГОСТ 23360-78*(мм)

d_o	b	t
від 8 до 10	3	1,4
від 10 до 12	4	1,8
від 12 до 17	5	2,3
від 17 до 20	6	2,8

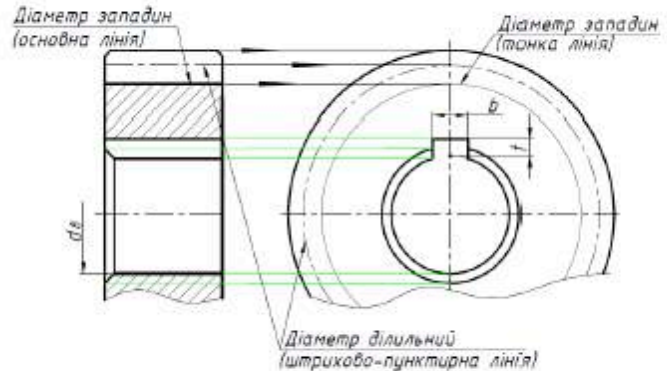


Рис.4. Зображення зубчастого колеса

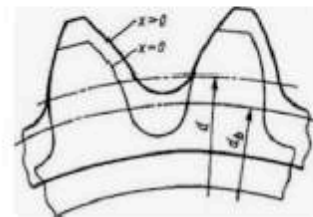
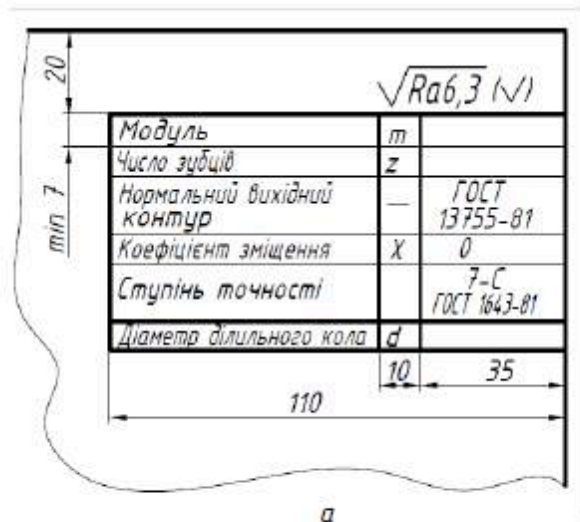
Рис.5. а) – розміри таблиці; б) коефіцієнт зміщення x

Рис. 2. Завдання для виконання робочого кресленика деталі «Колесо зубчасте»

Завдання фасок на деталях (таблиця 1, рис.1) відповідає стандартному ряду нормальних довжин.

Деякі варіанти завдання виконуються в масштабі збільшення, що в умовах обмеженого часу учбового процесу, дозволяє закріпити вивчення питання масштабування зображень на кресленнику.

В ході виконання цієї роботи продовжується вивчення питання нанесення розмірів з урахуванням особливостей моделювання креслеників зубчастих деталей.

Висновки. Запропоноване завдання поширює і закріплює практичні навички виконання ескізів, робочих креслеників деталей. Завдання на простіших конструкціях зубчастого колеса дозволяє показати особливості моделювання креслеників зубчастих деталей.

Схема, за якою представлено завдання, дозволяє зменшити час його виконання, що важливо при вивчанні скорочених програм курсу інженерної графіки.

Виконання завдання є складовою частиною процесу формування практичних навичок, необхідних в курсовому, дипломному проєктуванні та конструкторській діяльності інженера.

Як показала практика використання запропонованого завдання на факультетах ІХФ і ПБФ воно зручно на дистанційному, заочному навчанні та для вивчення курсу комп'ютерної графіки, виконання його за інформаційно-комп'ютерними технологіями.

Бібліографічний список

1. Гетьман О.Г. Виконання робочих креслеників деталей за креслеником загального виду: навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету усіх форм навчання / О.Г. Гетьман, Н.В. Білицька, Г.В. Баскова. – К.: НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, 2016. – 144 с.

2. Ванін В.В. Інженерна графіка. Розробка ескізів та робочих креслеників деталей: навчальний посібник / В.В. Ванін, О.М. Воробйов, А.Є. Ізволенька, Н.А. Парахіна. – К.: КПІ ім. І. Сікорського, 2016. – 106 с.

ЗАХИСТ КРЕСЛЕНИКІВ У СУЧАСНИХ ГРАФІЧНИХ ПРОГРАМАХ

Гумен О.М., д.т.н.,

Селіна І.Б., ст. викл.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

***Анотація** – у статті йдеться про проблеми безпеки і захисту інформації на прикладі захисту креслеників в програмі AutoCAD. Аналізуються можливі способи захисту графічної інформації. В той час як вимоги до безпеки постійно посилюються, а документація переводиться в електронний формат, завдання забезпечення безпеки передачі і збереження інформації набуває неабиякої актуальності. Використання сучасних технічних і програмних засобів забезпечення інформаційної безпеки є складовою комплексу заходів повноцінного захисту конфіденційності даних.*

***Ключові слова** – кресленик, графічна програма, AutoCAD, безпека, захист даних.*

Постановка проблеми. В час стрімкого розвитку інформаційних технологій проблеми безпеки і захисту інформації не втрачають своєї актуальності. Перед тим як розглянути способи захисту креслеників, треба зазначити, що абсолютного захисту не існує, так як кожному систему можна зламати. Це стосується і файлів AutoCAD.

Формулювання цілей (постановка завдання). Та все ж розглянемо способи захисту креслеників саме в програмі AutoCAD, як найбільш популярній програмі моделювання, яка викладається у вищих навчальних закладах і широко використовується в багатьох організаціях.

Основна частина. Для захисту креслеників в AutoCAD можна рекомендувати такі способи:

Перший і найпростіший – зберегти кресленик у PDF-форматі. Якість кресленика при цьому не змінюється. Це простий і надійний захист. І якщо з PDF переводити кресленик в DWG, він уже нестиме значні зміни в якості: кресленик спотворюється, текст також стає неможливо читати.

Другий спосіб – це зберегти кресленик AutoCAD в форматі DWF (2D-файли векторної графіки).

Третій спосіб захисту – це встановлення пароля на файл кресленика AutoCAD. Для цього використовується команда БЕЗОПНАСТР.

Вимоги до безпеки постійно посилюються в зв'язку з особливостями і ускладненнями Internet-загроз. Тут можна застосувати цифрові підписи. Цифровий підпис – це блок зашифрованої інформації, доданої у визначені файли для ідентифікації створювача і індикації змін у файлі з моменту застосування цифрового підпису. Файли, що виконуються з цифровим підписом, мають наступні переваги:

- отримувачі файлів з цифровим підписом отримують надійну інформацію про творця виконуваного файлу;
- автори файлів, що виконуються, отримують достовірну інформацію і підтвердження, що файли не змінювались з моменту отримання цифрового підпису;
- користувачі виконуваних файлів отримують гарантію того, що файли не були змінені і не містять віруси чи інші шкідливі програми.

Щоб подивитися цифровий підпис для підписаних файлів, що виконуються, треба клацнути правою кнопкою миші, обрати «Свойства», перейти на вкладку «Цифровые подписи». Якщо після додавання цифрового підпису файл було змінено, то цифровий підпис стане невірним.

Часто виникають ситуації, коли потрібно захистити кресленик від копіювання безпосередньо в форматі DWG. Буває так, що на це вказує договірний документ, в даному випадку багатоваріантні блоки (МН-блоки AutoCAD). Це означає, що кресленик стає одним блоком, який не роз'єднати, і елементи в такому блоці редагувати вже неможливо. Такий захист достатньо ефективний, хоча досвідчені програмісти можуть зламати і його.

Важливим також є ще один спосіб захисту креслеників в AutoCAD. Це використання мови програмування LISP. Її використовують для індивідуального і специфічного захисту проекту. Даний спосіб найбільш просунутий і знайомий досвідченим програмістам.

Крім зазначених вище способів захисту креслеників в AutoCAD, можна зробити захист паролем (Рис. 1).

Пароль – це набір символів або фраз. Чим складніший набір символів, тим вище ступінь захисту продукту.

Після вводу і збереження пароля кресленик відкривається тільки за правильного дотримання його вводу. Якщо пароль втрачено, то відновлення кресленика неможливе. Для цього користувач зберігає резервну копію. Якщо документ складається з декількох креслеників, то пароль створюється для кожного файлу окремо. Задати пароль можна при збереженні кресленика або ж при його редагуванні (Рис. 2).

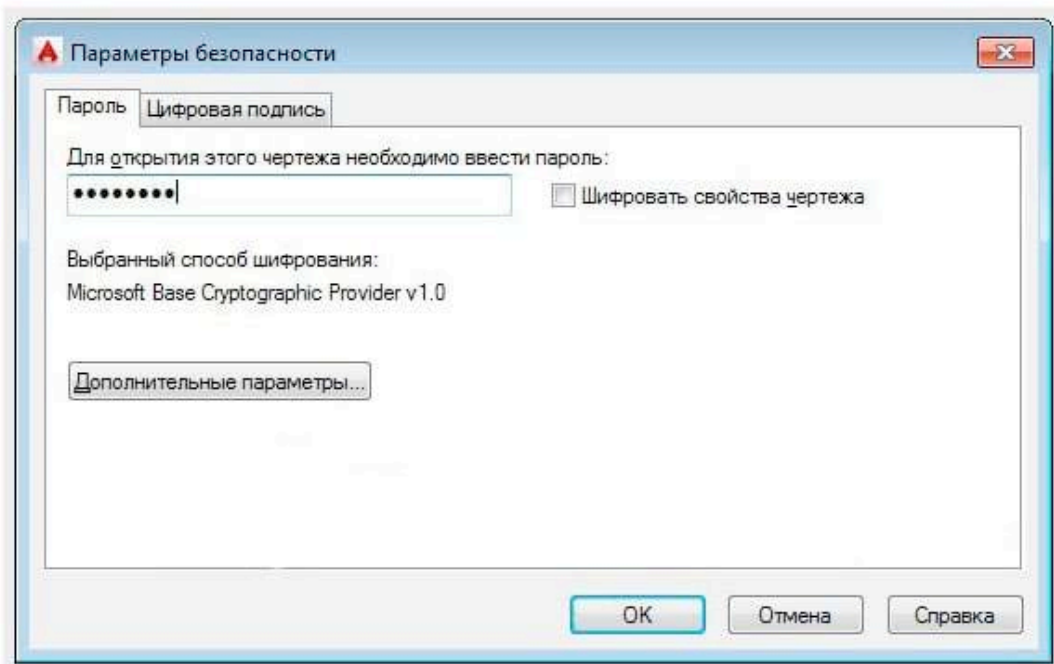


Рис.1. Защита с помощью пароля

Для задания пароля в процессе работы над чертежом

1. Выберите меню Сервис ➤ Параметры.
2. В диалоговом окне "Настройка" на вкладке "Открытие/Сохранение" нажмите "Безопасность".
3. В диалоговом окне "Параметры безопасности" на вкладке "Пароль" введите пароль.
4. Для защиты паролем таких свойств чертежа, как название, имя автора, тема и ключевые слова, нажмите "Шифровать свойства чертежа".
5. Нажмите "ОК".
6. В диалоговом окне "Подтверждение пароля" введите пароль еще раз. Нажмите "ОК".

Предупреждение В случае утери пароля его восстановление невозможно. Перед тем как защитить чертеж паролем, необходимо создать его резервную копию, не защищенную паролем.

Для задания пароля при сохранении чертежа

1. Выберите меню Файл ➤ Сохранить как.
2. Перед сохранением файла в диалоговом окне "Сохранение чертежа" выберите меню "Сервис" ➤ "Параметры безопасности".
3. В диалоговом окне "Параметры безопасности" на вкладке "Пароль" введите пароль.
4. Для защиты паролем таких свойств чертежа, как название, имя автора, тема и ключевые слова, нажмите "Шифровать свойства чертежа".
5. Нажмите "ОК".
6. В диалоговом окне "Подтверждение пароля" введите пароль еще раз. Нажмите "ОК".

Предупреждение В случае утери пароля его восстановление невозможно. Перед тем как защитить чертеж паролем, необходимо создать его резервную копию, не защищенную паролем.

Рис.2. Задания пароля

Пароль з кресленика можна зняти, якщо в ньому нема необхідності (Рис. 3).

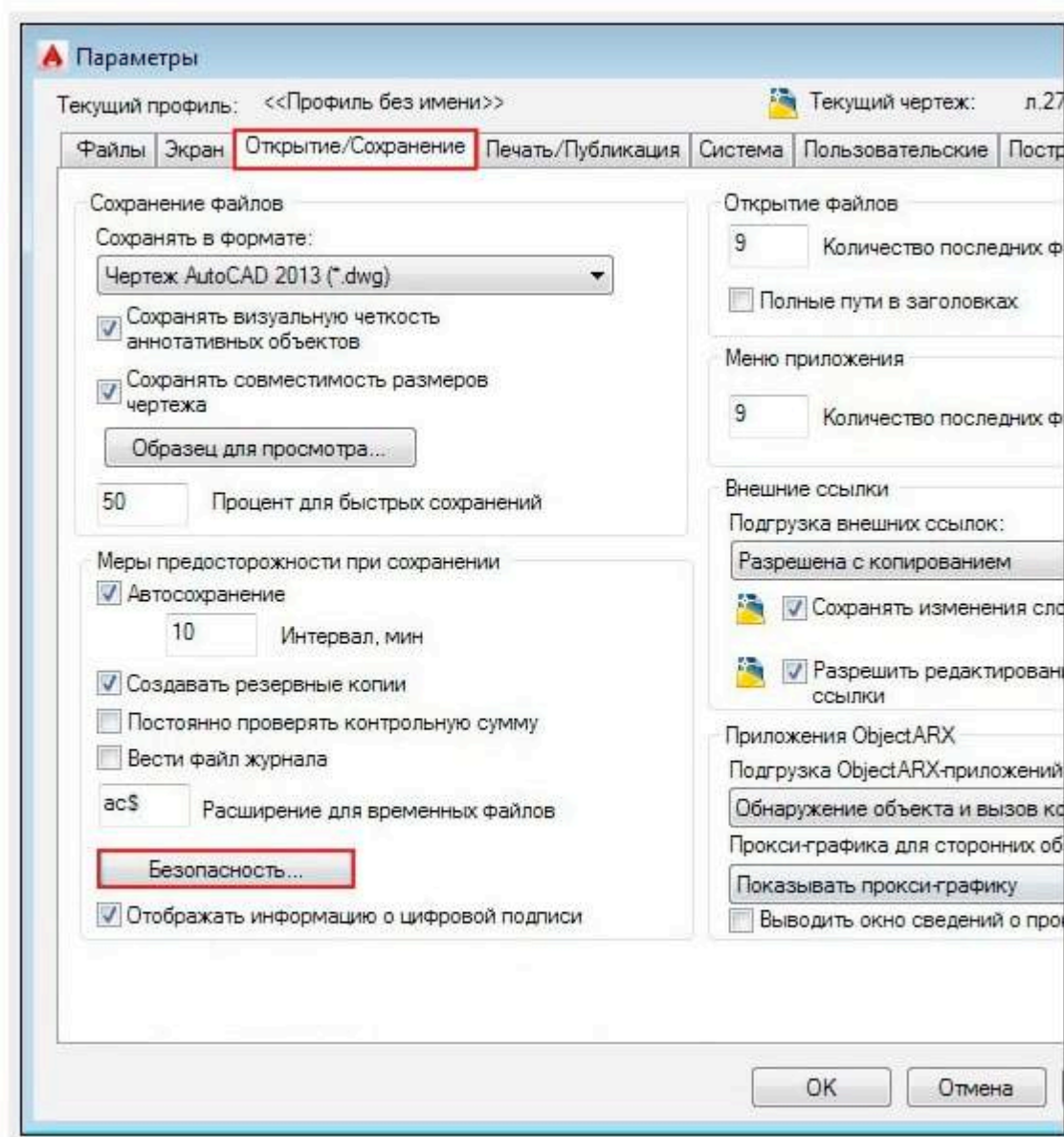


Рис.3. Керування безпекою

Висновки. В умовах переведення більшості документів в електронний формат надійний захист комерційної таємниці неможливий без технічних і програмних засобів забезпечення інформаційної безпеки. Технічні засоби відіграють важливу роль в організації системи безпеки закладів, при цьому повноцінний захист конфіденційності даних і успішний розвиток всього іншого неможливі без повного комплексу заходів технічного і нетехнічного характеру.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

Гумен О.М., д.т.н.,

Селіна І.Б., ст. викл.,

Ільницька Я.В., студентка

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

***Анотація** – у статті розглянуто ключові моменти розвитку нарисної геометрії, проаналізовано необхідність даної науки у практичному застосуванні в житті, програми комп'ютерної графіки і їх вивчення студентами, а також прилади та інструменти для креслення.*

***Ключові слова** – нарисна геометрія, креслення, моделювання, інструмент.*

Постановка проблеми. Наше життя майже неможливо уявити без нарисної геометрії. Вона зустрічається всюди, починаючи з креслень перших будинків та фортець до сучасних моделей збірних конструкцій. З прадавніх часів, відколи наші прадіди почали розумово мислити та створювати собі більш комфортні умови для проживання, почали відображати свої ідеї та думки на папері, пергаменті, стінах, відтоді розпочалося життя, коли ми не можемо уявити собі подальший розвиток суспільства без нарисної геометрії.

Звісно, раніше не було конкретного уявлення того, яким має бути креслення та як його правильно оформити, саме тому перші креслення не мали у собі навіть масштабу. Таке поняття як масштаб з'явилося лише у XVIII ст. Перші відомості про креслення звичні до наших (рис.1) згадуються ще у XV ст., за часів відомого на увесь світ вченого та художника Леонардо да Вінчі.

Аналіз останніх досліджень. Також розвиток нарисної геометрії сильно підштовхнуло кораблебудування. Тоді з'явилися дуже точні креслення кораблів задля їх успішної реалізації у житті. Важливим подальшим етапом розвитку стало публікування французьким вченим Гаспаром Монжем праці під назвою «Нарисна геометрія». Це відбулося у 1798 році та заклало основи проєкційного креслення [1]. Приблизно того ж часу з'явилися перші машинобудівні креслення із застосуванням проєкційного зв'язку. Можна зазначити проєкт «Паровоз Черепанових»

(рис.2). Відтоді креслення продовжувало розвиватися та набувати все більш характерних для нашого часу аспектів [2, 3].

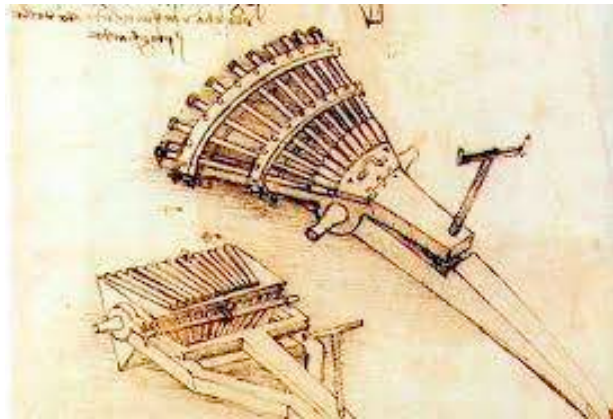


Рис.1. Креслення Леонардо да Вінчі

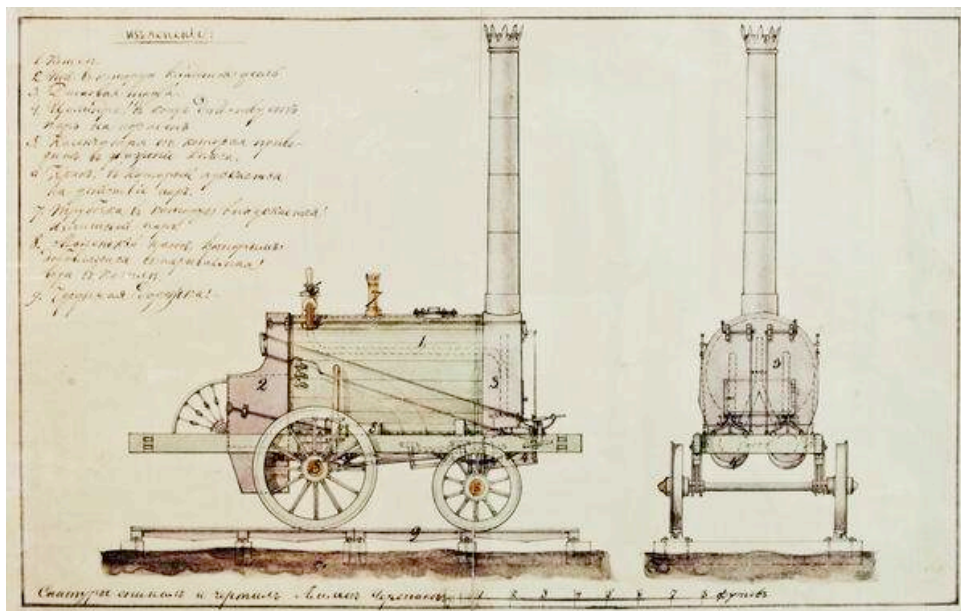


Рис.2. Паровоз батька і сина Черепанових (1835 – 1839 рр.)

Формулювання цілей (постановка завдання). Нарисна геометрія не стоїть на місці та постійно має розвиватися. З’являються нові програми для моделювання, інструменти креслення та навіть способи викладання матеріалу з цього предмету. Розглянути їх – завдання даної статті.

Основна частина. Нині нарисна геометрія стала настільки важливою частиною нашого життя, що її почали читати у школах та вчити в вищих навчальних закладах задля виховання справжніх фахівців у інженерній галузі.

Інструменти нарисної геометрії, звісно, зазнавали змін. Коли цю науку ще не називали нарисною геометрією, люди малювали на скелях за

допомогою підручних інструментів. Помаленьку почали з'являтися нові креслярські інструменти, людина навчилася різним методам креслення.

Розглянемо звичні нам інструменти, котрі використовуються студентами, що вивчають нарисну геометрію.

Найчастіше ми користуємось такими інструментами як олівець, який відіграє мабуть найважливішу роль у житті студентів, які вивчають цю дисципліну. Гумка, без якої застосування того ж самого олівця було б не раціональним. Циркуль, яким ми малюємо кола та деякі інші геометричні форми. Лінійка – прилад, завдяки якому ми взагалі маємо уяву про розміри предметів у нашому житті. Рейсшина – креслярська лінійка Т – подібної форми (рис.3). А також багато інших різних інструментів.



Рис.3. Рейсшина

Звичайно, нарисна геометрія не стоїть на місці, тому з'являються нові способи креслення та моделювання деталей. Зараз більшість фахівців та конструкторів працюють взагалі без листочка та олівця, вони використовують персональний комп'ютер, на якому встановлена та чи інша програма для моделювання.

Таких програм зараз можна нарахувати велику кількість. AutoCAD (рис.4), який вважається найпопулярнішою програмою для моделювання, вивчають у багатьох навчальних закладах. За допомогою цієї програми креслять будинки, схеми, меблі і так далі. Саме ця програма задає стандарти в області інженерного проектування. У програмі є великий набір інструментів для моделювання, які і роблять цю програму універсальною та відкривають можливості для роботи з кресленнями.

Наступною програмою можна зазначити КОМПАС – 3D (рис.5). Він є аналогом попередньої програми та широко використовується на підприємствах конструкторами. Програма має велику кількість інструментів і додаткових функцій. Компас підходить для проектування

обладнання, будівель. Також існує велика кількість інших програм, серед яких можна зазначити NanoCAD, FreeCAD, ABViewer, QCAD.

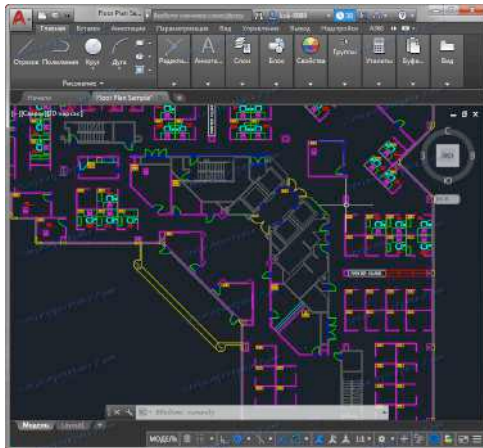


Рис.4. Приклад роботи в програмі AutoCAD

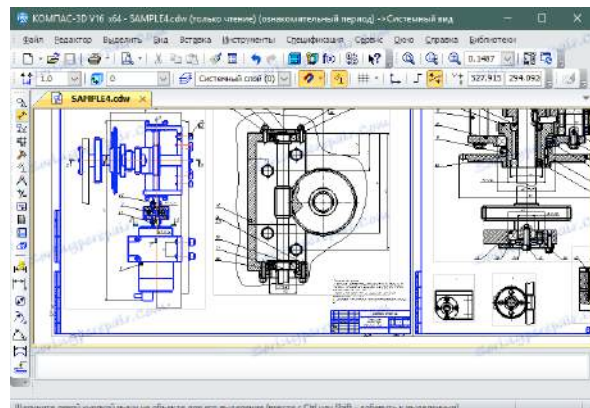


Рис.5. Приклад роботи в програмі КОМПАС – 3D

Стрімкий розвиток інформаційних технологій призвів до справжнього прориву та став новим етапом у нарисній геометрії, тому що зараз кожен фахівець може працювати та розробляти моделі деталей та великі проекти з будь-якого куточку світу та мати при цьому доступ до всієї необхідної для нього інформації.

Висновки. Наразі життя не було би таким комфортним та науково збагаченим, яким воно є зараз, без втручання сучасних технологій до сфери нарисної геометрії. Це можна вважати заслугою багатьох людей, які так чи інакше зробили свій внесок у її розвиток. Протягом всієї історії креслення розвивалося у своєму темпі задля того, аби зараз у нас був доступ до комфортного життя та можливості навчатися та передавати знання наступним поколінням.

Бібліографічний список

1. Хмеленко О.С. Нарисна геометрія. Теорія та приклади рішення задач: Підручник. – К.: Кондор, 2008. – 440 с.
2. Макаров В.І. Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. І. Макаров. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 152 с.
3. Чермних І.О. Основи інженерної графіки з елементами професійного конструювання: Підручник / І.О. Чермних, В.Н. Нестеренко, О.О. Краєвська, І. Ю. Адашевська, А.В. Сілічев. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 240 с. УДК 514.18

ДИСЦИПЛІНА «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» ОЧИМА НАШИХ МАЙБУТНІХ ЗАХИСНИКІВ

Гумен О.М., д.т.н.,

Селіна І.Б., ст. викл.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація – дисципліна «Інженерна та комп'ютерна графіка» закладає основи для вивчення інших дисциплін професійно-практичної підготовки, які викладаються на старших курсах, курсового і дипломного проектування. Тому дуже важливим є успішне засвоєння матеріалу. У статті розглянуто деякі аспекти викладання інженерної та комп'ютерної графіки для студентів і курсантів ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Наведено сприйняття дисципліни нашими майбутніми захисниками, враження від занять, а також їх бачення практичного застосування набутих знань, умінь і компетенцій у подальшому навчанні і професійному житті.

Ключові слова – інженерна та комп'ютерна графіка, моделювання, знання, компетенції.

Постановка проблеми. Підготовка бакалаврів з навчальної дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» здійснюється відповідно до освітньої програми «Спеціальні телекомунікаційні системи». Дисципліна є нормативною, викладається на першому курсі. Основною метою освоєння дисципліни є набуття знань та практичних навичок з моделювання геометричними та комп'ютерними методами, побудови та оформлення технічних креслеників у відповідності до існуючих стандартів. Лекції, практичні заняття та комп'ютерний практикум спрямовані на набуття знань та умінь, що дозволяють моделювати тривимірні об'єкти та створювати кресленик деталі за її попередньою 3D моделлю; виконувати конструкторсько-технологічні документи за допомогою систем автоматизованого проектування; застосовувати знання з комп'ютерної графіки, сучасних інформаційних технологій та Інтернет.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження та публікації, в яких містяться думки студентів щодо особливостей навчання, певних складнощів, що виникають у процесі освоєння предмету, і вражень від вивченого, завжди викликають зацікавлення як викладачів, так і інших студентів. Сучасні тенденції до проведення різних опитувань, вивчення та аналіз настроїв студентської молоді дозволяють краще зрозуміти їх запити, бажання, потреби, і як результат, поліпшити роботу викладача.

Формулювання цілей (Постановка завдання). Ціллю даного дослідження є показати особливості викладання інженерної і комп'ютерної графіки для військових, виявити їх бачення окремих аспектів курсу і сприйняття дисципліни загалом.

Основна частина. Викладаючи інженерну та комп'ютерну графіку для військових нашого університету, працюємо в трьох напрямках: курсова робота, інженерна графіка і комп'ютерна графіка. Починати з вересня заняття з першокурсниками завжди складно, а з майбутніми офіцерами тим більше. Вони мають багато додаткових навантажень у вигляді чергувань, відповідальності за певні напрями військового життя тощо. Але бажання навчатися у них є завжди, хоч задля цього їм доводиться прикладати більше зусиль і старань у навчанні, ніж звичайному студенту. На сьогодні ми пройшли повний курс, вже прийняли залік. За цей період часу відбулося багато різних подій, найстрашніше – війна. Після місяця перерви у заняттях всі дружно приступили до навчального процесу. На наш подив, група у повному складі включилася в цей процес, всі без винятку! Після завершення семестру вони написали нам свої розмірковування про дисципліну. Ось деякі з них.

Толок Карина, С-13:

Під час вивчення дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» я дізналася багато нового. Було цікаво поглиблювати свої знання в основах комп'ютерної графіки і закріплювати практичними завданнями. Складнощів під час вивчення дисципліни майже не виникало, адже кожна тема детально пояснювалася викладачами і закріплювалася прикладами. Також, під час навчання дізналася нову для мене програму AutoCAD, яку на практичних заняттях було розглянуто і показано як вона працює. Розглянуті інструменти та можливості середовища AutoCAD. Були надані приклади тренувальних завдань для набуття умінь і навичок роботи в середовищі. У подальшому набуті навички роботи в середовищі системи AutoCAD будуть затребувані при вивченні сучасних засобів тривимірного моделювання. Отриманий досвід дозволить студентам швидко освоїти й більш складні графічні програмні продукти, що використовуються на підприємствах різних галузей промисловості, у науково-дослідних і проектно-конструкторських організаціях.

Комендант Софія, С-13:

Мої враження від інженерної і комп'ютерної графіки дуже хороші, за цей час, який вона в мене була, я багато чого навчилася. У мене були дуже хороші вчителі, вони були коли потрібно строгі і дуже вимогливі, але за допомогою цього я багато чого зрозуміла і запам'ятала від їхніх уроків. Було складно. Але бувало так, що вони давали тобі можливість виправитись чи доздати ті роботи, які ти не встиг чи ще не зробив. Я зрозуміла як писати курсові роботи, це була моя перша курсова робота, скажу по секрету, це було складно, але в мене вийшло. Ось, наприклад, чому я навчилася: креслити різні фігури в Автокаді, робити зображення 3D

та багато чого цікавого, я нарешті зрозуміла, як будувати розрізи і як вони виглядають на малюнку в різних проекціях, від руки малюючи їх тільки олівцем, не за допомогою комп'ютера, або цієї програми, а просто навіть в своїй уяві, саме так, як нам потрібно, щоб воно виглядало.

В цьому предметі можна багато чого взяти собі в знання і в подальше життя, наприклад, розуміти, як буде та чи інша фігура в різних проекціях мати вигляд, і ти будеш зразу уявляти як її малювати на тому самому листочку чи в якійсь програмі в різних інтерпретаціях. Тобі це може допомогти навіть в проектуванні якогось проекту, такого як розробити план будівлі чи якогось креслення або навіть план того, як будуть стояти меблі в твоєму будинку, чи план якоїсь деталі, яка нам потрібна. Тому саме цей предмет мені сподобався. Він життєво корисний.

Науменко Анастасія, С-13:

Вступивши до ІСЗЗІ, у мене з'явилося багато нових дисциплін. Одна з них це «Інженерна та комп'ютерна графіка». На перший погляд це не дуже важкий предмет, але загалом він має свою іскринку, яку варто знайти та відкрити її. Креслення олівцем здається легшим, бо я люблю креслити, хоча у школі не мала такого предмету. Головним у цій справі було правильне знаходження виглядів, тобто потрібно було розвивати хорошу уяву. Пам'ятаю своє перше креслення, як довго у мене не виходило, скільки було перемальовано листочків, але результат виходив, може не завжди повністю відмінно, але я намагалася.

Автокад – це теж дуже цікава річ, яка має ще більше іскринок, але, на жаль, не кожному вдається їх зразу розкрити та опанувати. Як на мене, Автокад є трішки важкуватим для швидкого вивчення, але незважаючи на перешкоди, ми навчилися ним користуватися, кожного разу відкриваючи нові можливості для себе. Зацікавленість у мене виникала і при кресленні олівцем, і в Автокаді, бо кожного разу були нові завдання, навіть не дивлячись на те, що іноді було важко, особливо з комп'ютерною роботою. Але я вдячна нашим викладачам, що допомагали побороти перешкоди до успіху. За весь курс найбільше мені сподобалось написання курсової роботи, хоча раніше вона мене лякала, бо я не знала, що це таке. Сподобалось написання самого тексту, а особливо робота з схемою. Це було дуже цікаво, я з великим задоволенням виконувала цю роботу.

На мою думку, знання з курсу «Інженерної та комп'ютерної графіки» у подальшому мені знадобляться. Перш за все, це знання з курсової роботи, бо схеми мені будуть траплятися часто. По-друге, така дисципліна має загально-інженерний характер, а багато з випускників будуть й інженерами. А також цей предмет дає практичну підготовку фахівців-зв'язківців. За допомогою цієї дисципліни ми набуваємо вміння читати графічні об'єкти, опановувати методику моделювання та проектування і поглиблюємо знання з креслення. Загалом можна сказати, що інженерна та комп'ютерна графіка поєднується з інженерією, яка потрібна нам в подальшому.

Отже, така дисципліна є корисною, незважаючи на те, що й іноді складна. Але викладачі нам допомогли її опанувати та завжди виправляли помилки, і давали шанс на кращий результат. Предмет буде широко поширений у майбутній професії і знадобиться не тільки військовим інженерам, а й військовим зв'язківцям. За допомогою отриманих знань ми будемо швидко моделювати та креслити.

Срібний Ростислав, С-13:

Я вважаю, що предмет інженерна та комп'ютерна графіка – дуже цікавий та корисний предмет. Цей предмет дає навички роботи з кресленням та комп'ютерними програмами для цього. Його обов'язково треба вивчати, якщо ви майбутній інженер, так як він дає безцінні навички для створення основи всієї інженерії – креслення. Без вміння розуміти та креслити неможливо стати кваліфікованим інженером, а без навичок в комп'ютерній графіці неможливо дивитись у майбутнє. І цей предмет корисний не тільки інженерам, є ціла низка професій, де ці навички знадобляться, такі як дизайнер, архітектор та спеціаліст комп'ютерного моделювання. Це безцінні навички, які знадобляться в майбутньому великій кількості людей. Насамперед предмет цікавий своїм поєднанням строгих правил креслення та творчим підходом до нього. Так як в будь-якій графічній роботі треба творчість, так і в кресленні повинен бути такий підхід, але для того, щоб це креслення було зрозуміле іншим, повинні бути чіткі правила та стандарти, які зобов'язані всі наслідувати. Це особливе поєднання і робить цей предмет унікальним та цікавим.

Цей предмет потребує точності та терпіння. Без точності тут ніяк не обійтись, і це потребує особливих навичок та вмінь користування креслярськими інструментами. Цей предмет надає такі навички та вміння. Тому у майбутньому у тих, хто вивчав цей предмет, не буде проблем у вирішенні питань з накреслення будь чого та навички розуміння різних креслень, що допоможе більшості людей, навіть тим, хто не захоче ставати архітектором, інженером, чи тим, кому знадобляться ці навички.

Інженерна та комп'ютерна графіка дуже цікава, але насамперед дуже корисна в різних професіях та родах занять. Вивчаючи цей предмет, ви отримуєте досвід, який знадобиться у майбутньому, так як в ньому поєднана робота з комп'ютером, яка дуже корисна для майбутніх інженерів, та робота з паперовими кресленнями, яка дає корисні навички роботи з інструментами для креслення та точності.

Ось такі враження і вислови про нашу дисципліну майбутніх бійців. Всім мирного неба.

Висновки. Прислухатися до думок студентів дуже корисно і повчально. У них своє бачення певних моментів, є слушні пропозиції стосовно покращення викладання. Сподіваємося на продовження такої практики обміну досвідом для підвищення рівня забезпечення дисципліни.

ВПЛИВ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ НА ГАЛУЗІ ЛЮДСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Гумен О.М., д.т.н.,

Мельников Д.В., студент.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація – у статті розглянуто аспекти поширеності графічної інженерії, та інженерної графіки у різноманітних галузях діяльності людей, а саме залежність багатьох галузей промисловості (і не тільки) від інженерії та інженерної графіки. Результатом є отримання інформації щодо поширеності інженерних спеціальностей та різноманітність інженерії у діяльності людини. Методом дослідження є вивчення статистики впливу технічної інженерії на усі галузі, та різноманітність інженерних напрямків. Результати роботи можуть бути використані для знаходження статистик щодо впливу та необхідності інженерної графіки у важливих галузях людської діяльності.

Ключові слова – інженерія, інженерна графіка, галузі діяльності, імпланти, електронна обчислювальна машина (ЕОМ), персональний комп'ютер (ПК), 3D принтер.

Постановка проблеми. Вплив та необхідність інженерної графіки на різні галузі діяльності людини, залежність сучасного світу та суспільства від інженерної графіки та моделювання, еволюція інженерної графіки та її зміна на сучасний лад. Як і де інженерна графіка стає невід'ємною частиною галузі людської діяльності. Наскільки необхідним є моделювання та його аналоги.

Аналіз останніх досліджень. За останні десятиліття інженерна графіка потерпіла значних змін, однак зробила свій внесок та створила вплив на наступні галузі: Медицина [1], Інформаційні технології [2], Будівництво [3], 3D друк у будівництві [4], Віртуальні технології [5], Промисловість [6], Конструювання схем ракет носіїв [7] та ін. За аналізом останніх даних визначено, який саме вплив внесла Інженерна графіка у важливі галузі людства.

Формулювання цілей. У статті потребується дослідити вплив інженерної графіки та прикладної геометрії на різні галузі людської діяльності, показати, наскільки є актуальною інженерна графіка у різних галузях, а також розвиток науки від креслень на папері до сучасних інформаційних технологій моделювання.

Основна частина. Вплив на медицину був суттєвим за необхідності створення імплантів та протезів як для людини, так і для тварин. З появою нових можливостей, що відкривали сучасні комп'ютерні технології, відбувалося моделювання та створення імплантів, які з часом стали виготовлятися завдяки новій технології 3D друку. Зараз інженерна графіка використовується як основа для створення моделей та креслень імплантів на заміну пошкодженим частинам людського тіла. Таким чином розроблені імпланти можуть бути різними: протези суглобів, протези кісток та навіть втрачених кінцівок. Прикладом є випадок у 2014 році: голландські лікарі та вчені, успішно провели операцію з заміни та відновлення верхньої частини черепа пацієнта завдяки деталі з пластику, яка була надрукована на 3D принтері. З часом прийшло і покращення технології моделювання та 3D друку. Та після випадку з голландськими вченими незабаром у Китаї було проведено операцію чоловіку з пошкодженим черепом. Він отримав гарну заміну пошкодженої частини на нову титанову та зміг продовжити жити і далі повноцінним життям.

Вплив на інформаційні технології. Ця галузь доволі сильно пов'язана з інженерними технологіями та інженерною графікою. Починаючи з давніх створених креслень, з планів комплектуючих для ПК та ЕОМ ще за радянські та пост радянські часи, та закінчуючи проектуванням цілих інформаційних мереж, які є актуальними і на теперішній час. Комплектуючі створюються в промислових масштабах та збирались та збираються комп'ютером за розробленими шаблонами, але це не єдине, де використовується інженерна графіка. Інженерна графіка також є доволі необхідною для створення комп'ютерних мереж та серверів. Проектування найчастіше виконується у наступних програмах для створення локальних чи регіональних мереж:

- GNS 3;
- CISCO PACKET TRACER;
- EVE-NG;
- BOSON NETSIM;
- VIRL.

Завдяки подібним програмам створення інформаційних мереж сильно спрощується зі сторони планування та проектування. Не дивлячись на ці допоміжні програми, ще залишається багато факторів, які слід вже розуміти для повноцінного створення подібних мереж.

Інженерна графіка у будівництві є дуже важливою складовою. Точно не відомо, коли саме було винайдено креслення архітектури та його зображення, прикладом стародавніх зображень (креслень) є зображення давньогрецького лабіринту. Ще 10-15 років тому більшість креслень були лише на папері, та завдяки ним можна було бачити план роботи, розуміти основи будівлі та орієнтуватися у етапах будівництва, що і як саме слід робити. Такі ручні моделі роблять найчастіше двовимірними. У сучасному світі з приходом технологій, стало можливим створювати ВІМ моделі, які

вже допомагають створювати моделі, що майже неможливо створити однією людиною власноруч на папері, також вони поліпшують процес виконання самих моделей будівель. З ростом технологій з'явилося і будівництво завдяки застосуванню 3D принтерів, як і методи, що були раніше, вони потребували моделі, яку вони повинні втілювати у реальність. Тут на допомогу і приходить інженерна графіка, створюючи проекти і об'єкти у вигляді моделі, створеної на комп'ютері чи йому подібних пристроях. У 2014 році було розпочато активне будівництво за допомогою 3D принтера, тоді компанія WinSun (Китай) збудувала десяток будинків з бетону та навіть один 5-ти поверховий будинок.

Комп'ютерна графіка чи віртуальна графіка. Інженерна графіка також присутня у цій галузі і посіла свою нішу. Завдяки їй стало можливе створення моделей як для відео ігор, так і для створення віртуальної реальності чи доповненої реальності. В деяких випадках для створення моделі для відео гри використовують реальні прототипи та їх креслення, або навпаки, створені моделі у інформаційному просторі утілювати у реальність.

Інженерна графіка також є дуже необхідною у промисловому виготовленні запчастин пристроїв, самих пристроїв та різноманітних виробів. У радянські та пострадянські часи люди дуже часто використовували креслення для виготовлення пристроїв чи їх деталей. Для початку розроблявся ескіз, після чого ескіз поступово вдосконалюється і після тривалої розробки та випробувань вже йде на етап виготовлення. Але на сучасний час таке створення вже не є актуальним, на заміну прийшла автоматизація та використання сучасних технологій, але в основу цих технологій все ще покладена та сама інженерна графіка, що допомагала людству створювати та виготовляти прилади раніше.

Ще однією галуззю, в якій присутня інженерна графіка, є будівництво ракет-носіїв. Згідно з [7] для розробки конструктивної схеми орбітальних ракет-носіїв створено твердотільну модель ступені РН та адаптовано до неї виділений об'єм. Значною мірою застосовуючи для розробки цих конструкцій математичні та фізичні розрахунки, також використовуються інженерна графіка та прикладна геометрія для створення моделей та креслень пристроїв чи навіть оболонок.

Висновки. Інженерна графіка залишається і надалі актуальною у багатьох галузях, але за час свого існування вона зазнала значних змін. Здебільшого змінився метод її виконання, від методу моделювання (креслення) людиною на папері натомість прийшли інформаційні (комп'ютерні) технології, які поліпшують виконання складних завдань та дозволяють зменшити затрати часу кожної людини на виконання роботи. Завдяки цьому вдалося збільшити продуктивність людського ресурсу. Через що тепер є більш актуальним комп'ютерне моделювання, аніж звичайне креслення. Однак основні принципи так і не змінились,

прикладна геометрія все ж є однією з основ моделювання та створення речей чи будівель людиною.

Бібліографічний список

1. *Бондаренко В.Г.* 3D-друк в медицині / В.Г. Бондаренко, Д.К. Григорюк // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XX Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 21-22 квіт. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій, ННІ комп'ютер. систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П. М. Платонова, Фак. комп'ютер. інженерії, програмування та кіберзахисту ; орг. ком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. – Одеса: ОНАХТ, 2020. – Ч. II. – С. 21–23.
2. *Паламар М.І.* Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів / М.І. Паламар, М.О. Стембіцький, А.М. Паламар. 2019.
3. *Бондаренко В.Г.* 3D-друк в будівництві / В. Г. Бондаренко, Є. Ю. Крупник // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XX Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 21-22 квіт. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій, ННІ комп'ютер. систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П. М. Платонова, Фак. комп'ютер. інженерії, програмування та кіберзахисту ; орг. ком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. – Одеса: ОНАХТ, 2020. – Ч. II. – С. 23–25.
4. *Вишневський В.С.* Основні тенденції застосування комп'ютерної графіки / В.С. Вишневський, Г.Р. Генсерук // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи, 7–8 листопада 2019, № 4(2019). – С. 9-10.
5. *Волошин М.М.* ВІМ-технології в будівництві / М.М. Волошин, А.А. Петях // Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: зб. наук. праць. – Херсон: ХДАЕУ, 2021. – Вип. 3. – С. 176.
6. *Макаров В.І.* Нарисна геометрія. Інженерна та комп'ютерна графіка: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. І. Макаров. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 152 с.
7. *Алпатов А.П.* Розробка конструктивної схеми та вибір проектних параметрів аеродинамічної системи відведення з орбіти розгінних ступенів ракет-носіїв / А.П. Алпатов, О.С. Палій, О.Д. Скорік // *Наука та інновації* 13, № 4(2017). – С. 33-45.

ЗБЕРІГАННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ХМАРІ

Гумен О.М., д.т.н.,

Сич Д.А., студент.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація – у статті йдеться про хмару як онлайн місце для надійного зберігання з легким доступом до нього. Хмарні системи є відносно недорогим та зручним способом зберігання даних та управління ними з мінімальними витратами. Є великий вибір хмарних сервісів, вони володіють вбудованими засобами аварійного відновлення та доступні в будь-який час та в будь-якому місці. Рекомендується шифрування даних, щоб збереження на віддалених серверах було безпечним. Розглядається широкий асортимент форматів для зберігання, а також стиснення – без втрати та з втратою якості графічної інформації в хмарі.

Ключові слова – безпечна хмара, формати графічних файлів, зберігання графічної інформації.

Постановка проблеми. Усю кількість зображень, що використовуються на комп'ютерах, можна розділити на три великі групи. Насамперед, 2D-графіка. До цієї групи відносяться растрова та векторна графіка. Потім 3D-графіка та анімаційна графіка. Для зберігання таких зображень на сьогодні є лише два способи – офлайн і онлайн. Актуальною в наш час є проблема безпечного збереження файлів з легким доступом, вибір зручної програми для шифрування, а також хмари та формату.

Аналіз останніх досліджень. Історія персональних хмарних сховищ почалася ще в 2007 році, коли Дрю Х'юстон, генеральний директор Dropbox, втомився постійно губити свій USB-накопичувач. Таким чином, він створив перший індивідуальний хмарний сервіс зберігання даних для малого бізнесу [1]. Це була радикальна ідея свого часу, і всім вона сподобалася. Сьогодні існують десятки дешевих або безкоштовних сервісів хмарного сховища. Але – окрім того, що всі вони надають послуги зі зберігання даних – вони дуже різняться. Сьогодні проблема користувачів є неправильне налаштування хмари та бази даних, що загрожує їх безпеці. Зокрема після цього їх можна легко знайти за допомогою інструментів для Інтернет-сканування [2]. Ситуація погіршується через використання складних корпоративних хмарних середовищ. Більшість організацій поєднують локальні та загальнодоступні чи приватні хмари, при цьому використовуючи рішення різних

постачальників, щоб мінімізувати ризики компрометації [3]. За даними нещодавнього звіту, 92% користувачів використовують мультихмару, а 82% – гібридну хмару [4].

Формулювання цілей (постановка завдання). ІТ-спеціалістам складно підтримувати належну функціональність рішень різних постачальників хмарних послуг. Зокрема виникають труднощі у розробників, які часто не мають спеціальної підготовки з питань безпеки. Тому метою даного дослідження є хмара як онлайн місце для безпечного збереження графічної інформації у відповідному форматі.

Основна частина. Під час проведення досліджень, спираючись на власний досвід та інформаційні джерела, було виділено основні поради в роботі з хмарию:

1. Формати графічного файлу та при необхідності їх стиснення.
2. Шифрування інформації.
3. Сервіси для збереження даних.

Під форматом графічного файлу слід розуміти сукупність інформації про зображення та спосіб її запису у файл. Загалом усі графічні формати можна розділити на дві групи. Формати загального призначення містять лише саме зображення та призначені для зберігання, перенесення або перегляду зображень (gif, tiff, jpeg та ін.) та специфічні формати, призначені для зберігання проміжних результатів редагування зображень (cdr, cpt, psd, ai та ін.).

Стиснення файлів. Оскільки графічні файли, як правило, мають великий розмір, корисною є можливість стиснення (упаковки) інформації. В даний час відомі два способи стиснення – без втрати та з втратою якості. Алгоритми стиснення без втрат аналогічні алгоритмам стандартних архіваторів (LZH, PKZIP, ARJ). Найвідоміший із них LZW (LZ84) широко використовується в популярних растрових форматах GIF, TIFF. Алгоритми стиснення із втратою якості відкидають інформацію, що не сприймається людиною (JPEG, PCD). Ступінь упаковки в цьому випадку набагато вищий, але відбувається повільніше і може призвести до погіршення якості (залежно від обраного ступеня стиснення). Головний недолік цього алгоритму полягає у неможливості перестискання без значної втрати вихідної якості зображення.

Шифрування, яке застосовуватиметься до файлів на нашому боці, і вже в зашифрованому вигляді дані відправлятимуться в хмару, гарантуючи, що тільки ви зможете розшифрувати ваші файли. Ні хмарному провайдеру, ні зловмисникам не буде доступний вміст ваших файлів.

Для організації процесу локального шифрування і завантаження на віддалений сервіс існує кілька пропозицій, тому кожен може обрати ту програму, яка більш підходить для постійного використання. Наприклад: Veracrypt, Vboxcryptor, Cryptomator. Шифрування в рази знижує ризик того, що хтось сторонній отримає доступ до вмісту ваших файлів, оскільки в

разі використання надійного алгоритму і ключа шифрування розшифрувати дані, а відповідно і використати, на сьогодні практично неможливо.

Тримати інформацію на веб-сховищі надійніше. Якщо раптом злетіла оперативна система, зламався вінчестер або просто користувач купив новий лептоп – не важливо – в такому сервісі для зберігання даних все залишиться.

Але хмар в Інтернеті багато. Одні з найбільш популярних (рис. 1):

1. Amazon Drive
2. OneDrive
3. Box
4. Dropbox
5. Google Drive
6. Nextcloud
7. pCloud



Рис. 1. Логотипи хмар

Підсумуємо:

- Універсальний офіс / хмара / робочий процес: Box, Google Drive, Nextcloud або OneDrive
- Користувачі Apple: Dropbox або Google Drive
- Простота використання та декілька пристроїв: Dropbox
- Користувачі Google: Google Drive
- Користувачі Linux: Nextcloud
- Конфіденційність: pCloud
- Користувачі, які високо цінують контроль даних: Box або Nextcloud
- Користувачі Windows: OneDrive

Висновки. Існує дуже багато безкоштовних та недорогих сервісів, що надають послуги хмарного сховища, використання яких є досить зручним і практичним. Забезпечується постійний доступ з будь-якого пристрою там, де є Інтернет. Не доводиться хвилюватись про те, що флешка або диск будуть загублені чи вийдуть з ладу. Також потрібно пам'ятати про шифрування файлів, що допомагає надійно зберігати графічну інформацію. Тому майбутнє за хмарним зберіганням.

Бібліографічний список

1. <https://www.unian.ua/techno/zberigannya-danih-kompaniy-u-hmarnomu-shovishchi-naskilki-ce-narazi-bezpechno-11812803.html>
2. <https://cybercalm.org/novyny/najkrashhi-hmarni-shovishha-2021-roku-porivnyannya-i-tsini>
3. <https://androidas.ru/formats-of-storage-of-graphic-information-graphic-file-formats>
4. <https://imi.org.ua/advice/bezpechna-hmara-pravyla-zberigannya-informatsiyi-dlya-medijnykiv-i39936>

КОМП'ЮТЕРНЕ 3Д – МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩАХ 3DS MAX ТА AUTOCAD

Гончаренко М.О., здобувач вищої освіти,

Мартин Є.В., д.т.н.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

(Україна, м. Львів)

Анотація – розглянуто особливості 3Д – моделювання із залученням можливостей систем ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max** та інженерної комп'ютерної графіки **Autocad** на прикладах створення наочних ілюстрацій окремих видів пожежотехнічного устаткування для освітнього процесу підготовки фахівців пожежно - технічного профілю.

Ключові слова – 3Д – моделювання, система ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max**, система інженерної комп'ютерної графіки **Autocad**.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток інформаційних технологій, в тому числі графічних, надає широкі можливості створення проєкційних зображень об'єктів з урахуванням їх функціонального призначення. Саме функціональне призначення того чи іншого об'єкта надало поштовх розвитку спеціалізованих графічних програмних продуктів. До них слід віднести, зокрема, пакети систем ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max** та інженерної комп'ютерної графіки **Autocad**. Розробником обох програмних продуктів є фірма **Autodesk**. На наш погляд слід провести порівняльний аналіз обох графічних програм, виявити відмінність геометричного моделювання того чи іншого об'єкта в середовищі **3DS Max** та **Autocad** щодо їх використання для створення тривимірних моделей як ілюстрацій в освітньому процесі підготовки фахівців у галузі пожежної безпеки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій встановив актуальність і практичне значення впровадження графічних інформаційно-комунікаційних технологій як у навчальний процес взагалі, так і в процесі вивчення окремих навчальних дисциплін. Так, наукова розвідка [1] розвиває і впроваджує у практику вишколу рятувальників мультимедійних, зокрема, 3D-інтерактивних технологій та ком'ютерних тренажерів.

Достатнє число публікацій, зокрема, [2,3] показують роль і місце комп'ютерної графіки в тому числі геометричного і комп'ютерного моделювання у навчальному процесі та у сфері цивільного захисту [4].

Виділення складових проблеми, які потребують вирішення. З урахуванням наукових і методичних напрацювань в галузі інформаційно-

комунікаційних технологій доповнити ще вільну наукову нішу в облаштуванні освітнього процесу щодо результативного використання можливостей ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max** та інженерної комп'ютерної графіки **Autocad**.

Формулювання цілей (Постановка завдання). Провести порівняльний аналіз пакетів систем ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS MAX** та інженерної комп'ютерної графіки **Autocad** щодо їх практичного використання в освітньому процесі підготовки фахівців у галузі пожежної безпеки.

Основна частина. Система ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max** являє собою професійний програмний пакет, створений компанією **Autodesk**, для повноцінної роботи з **3D**-графікою. Він містить потужний інструментарій не тільки для безпосереднього тривимірного моделювання, а й для створення якісної анімації. У стандартний пакет також входить підсистема візуалізації, що дозволяє домогтися досить реалістичних ефектів. Для досягнення досконаліших фотореалістичних рендерів можна скористатися більш потужними візуалізаторами, розробленими спеціально для **3DS Max**. **3D Max** дозволяє успішно реалізовувати всі етапи створення тривимірної моделі, чому сприяє інтуїтивно зрозумілий, дружній інтерфейс, великі бібліотеки готових моделей і матеріалів, а також широке поширення цього продукту і, як результат, вільний доступ до безлічі цікавої і корисної інформації.

Найбільш поширені та доступні можливості пропонувані розробниками **3DS Max** саме для створення власної тривимірної моделі об'єкта. У **3DS Max** є велика бібліотека моделей тривимірних об'єктів - сюди входять як стандартні, так і розширені примітиви. Побудова простих геометричних форм займає лічені секунди – необхідно тільки вибрати потрібну модель і ввести функціональні параметри. До таких можемо віднести такі розміри об'єкта як його довжина, висота, радіус і т.д. Передбачені також інструменти для роботи зі сплайнами, тобто процесу моделювання об'єкта на основі сплайнів, створення і редагування яких не складе особливих зусиль завдяки дружньому інтерфейсу програми. Зручною здасться робота з командами для полігонального моделювання, а також з інструментами для створення кривих ліній та поверхонь Безье. Можливість редагування сітчастих поверхонь на різних рівнях, будь то вершини, сегменти і т.д., полегшує роботу зі складними поверхнями і дозволяє домогтися максимальної наочності. Велика кількість модифікаторів з легко налаштовуваними параметрами для роботи з геометрією моделі допоможуть втілити в реальність найсміливіші ідеї, використовуючи для цього повний робочий простір **3DS Max** з дво- і тривимірними площинами проекцій (рис.1).

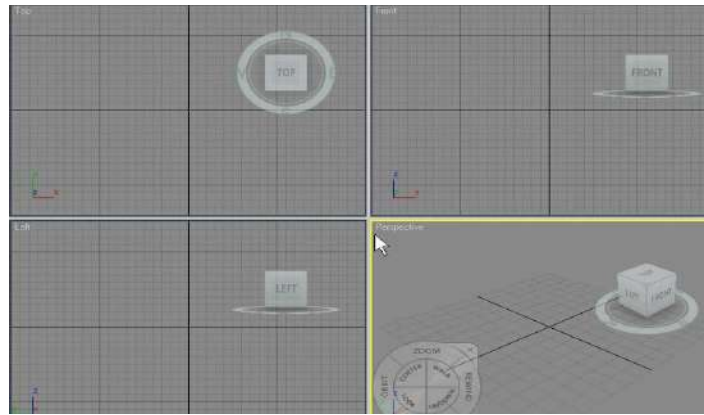
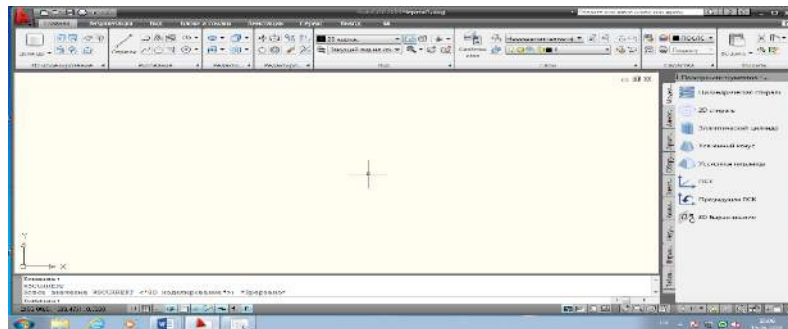


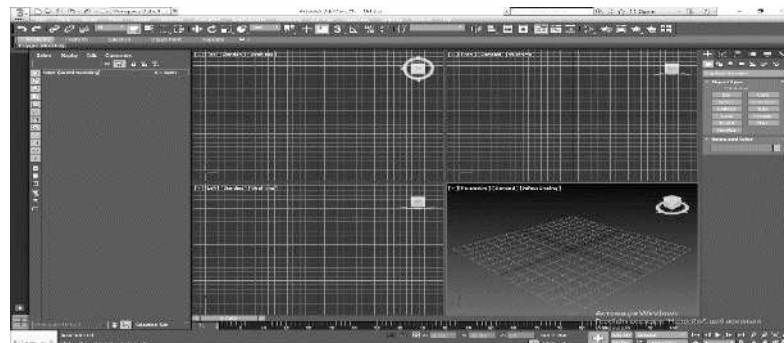
Рис.1. Графічна зона екрану 3DS Max

У 3DS Max для створення і налаштування властивостей матеріалів служить простий у застосуванні універсальний модуль з назвою *редактор матеріалів*. Створення скляних або дзеркальних поверхонь займе лічені секунди. Схожість з об'єктами реального світу в процесі тривимірного моделювання об'єктів досягається при його візуалізації. Є можливість використовувати як вбудований в 3DS Max візуалізатор, так і сторонні візуалізатори, створені незалежними розробниками, наприклад, V-Ray.

Відповідно до послідовності *створення* повноцінної дво- чи тривимірної сцени можемо порівняти інтерфейси графічних редакторів фірми Autodesk, наприклад, Autocad і 3DS Max (рис.2).



а)



б)

Рис.2. Інтерфейси графічних редакторів а) Autocad і б) 3DS Max

Хочеться ще раз відзначити вдалий дружній інтерфейс програми – на робочу панель винесена мінімальна кількість необхідних в процесі моделювання інтуїтивно зрозумілих кнопок, для роботи з якими можна користуватися як звичною для нас мишею, так і графічним планшетом. Відзначимо також подібність спільних налаштувань, наприклад, вміст деяких папок **Autocad** і **3DS Max**.

Зауважимо також схожість підходу до формування проекційних зображень фігур на прикладі призми (рис.3). Проекційні зображення призми у графічному редакторі **Autocad** розташовані у площинах проекцій відповідно до вимог інженерної графіки у проекційному зв'язку, тоді як у графічному редакторі **3DS Max** положення площин проекцій змінене за замовчуванням, а проекційний зв'язок може бути відсутній. Проекційні зображення фігур у графічному редакторі **3DS Max** подаються у вигляді їх каркасних моделей. Такі каркасні моделі фігур у графічному редакторі **Autocad** можна одержати, використовуючи системну змінну **isolines**. Її значення можуть бути різними, але за замовчуванням воно становить чотири. В обох графічних редакторах збільшення числа ліній каркасу призводить до зростання якості зображення об'єкта.

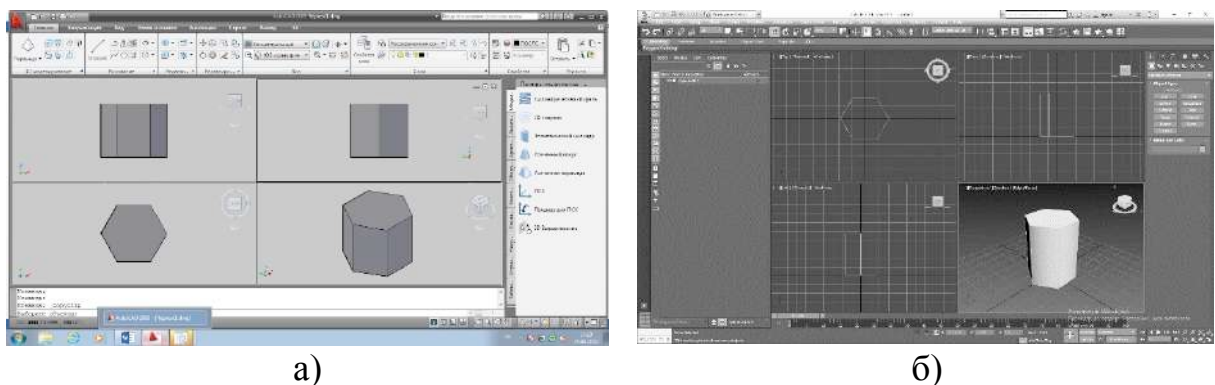


Рис.3. Проекційні зображення призми у графічних редакторах
а) **Autocad** і б) **3DS Max**

Зауважимо, що результат моделювання в системі ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max**, наприклад, модель пожежного автомобіля (рис.4), має у більшій мірі ілюстративне призначення [5], а в **Autocad** – це конструкторський документ, до якого розробляються засобами **Autocad** робочі креслення усіх складових деталей виробу.



Рис.4. Модель пожежного автомобіля з накладеними текстурами

Зауважимо також, що в системі ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max** на відміну від системи інженерної комп'ютерної графіки **Autocad** передбачені програмні засоби для виконання спецефектів, наприклад, анімації.

Отже, від релізу до релізу удосконалюються функціональні можливості програми, що дозволяє все з меншими затратами часу і сил, але з великою якістю втілювати в життя найсміливіші ідеї. Розширюються стандартні бібліотеки. Поява нових спеціалізованих функцій моделювання покращує роботу в **3D Max**, яка стає ефективнішою: функції полігонального моделювання, операції для створення складних об'єктів, точні засоби двовимірного моделювання, велика кількість модифікаторів для роботи з геометрією моделі, широкі можливості творчої роботи з текстурами. Значна увага приділяється розвитку інструментарію для створення анімації. Ключові кадри, процедурна анімація, обмежена анімація - це малий список всіх можливих варіантів «змусити» об'єкти рухатися. Є можливості управління скелетною деформацією, створення швидкої анімації двоногих істот, управління фізичними силами, що діють на персонажі. Має місце можливість створення поведінкової моделі натовпу для анімації відразу сотень об'єктів.

Можна з упевненістю сказати, що останні версії програми **3DS Max** містять абсолютно всі необхідні для роботи модифікатори. Це групи модифікаторів вибору сіток, полігонів, оптимізації поверхні і багато інших. А якщо врахувати, що застосування кожного модифікатора має на увазі установлення деякого числа призначених для користувача параметрів, стає ясно, що робота в **3DS Max** порівнянна з творчістю і відкриває перед користувачем необмежену кількість можливостей для реалізації його задумів. **3DS Max** містить модулі для роботи з різними системами частинок, будь то сніг або бризки. В основу управління їх характеристиками і динамікою покладені реальні фізичні закони.

Саме середовище **3DS Max** дозволяє не тільки моделювати персонажі, але і створювати досить реалістичні предмети одягу. Причому, крім створення і дизайну одягу спеціальні вбудовані модулі дозволяють анімувати будь-які об'єкти одягу, формуючи при цьому необхідні візуальні ефекти: створення складок і деформацій на згинах, ефект мокрого або липкого одягу, різні механічні пошкодження. Також програма має модифікатори для імітації власного і хутряного покриву, можливості створення ефектів стрижки і причісування, руху відповідно до заданих параметрів жорсткості, вологості і т.д. Кожну сцену в процесі анімації можуть супроводжувати звукові ефекти. Причому програма підтримує різні звукові формати. Слід підкреслити високу якість кінцевого зображення. Сюди можна віднести вже згадуваний вище метод трасування променів, що дозволяє створювати реалістичне відображення і заломлення світла, можливості створення атмосферних ефектів (туман, вогонь), ефекти природного освітлення і можливості передачі фотореалістичного освітлення.

Висновок. Зважаючи на результативність графічних інформаційних технологій, можливе використання їх для підготовки фахівців пожежно – технічного спрямування як в процесі створення конструкторської документації для виготовлення виробу з залученням системи інженерної комп'ютерної графіки **Autocad**, так і для створення його реалістичного зображення в системі ілюстративної комп'ютерної графіки **3DS Max**.

Бібліографічний список

1. *Мартин Є.В.* 3D-інтерактивні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи / Є.В. Мартин, А.Г. Ренкас, В.В. Попович, О.В. Придатко // Зб. наук пр. В.5. – Л.: ЛДУБЖД, 2017. – С.260-263.
2. *Гумен О.М.* Комп'ютерне моделювання технічних об'єктів / О.М. Гумен, С.Є. Ляковська, І.О. Малець. – Л.: ЛДУ БЖД, 2014. – 180 с.
3. *Ляковська С.Є.* Комп'ютерне графічне забезпечення технічних проектів / С.Є. Ляковська, Є.В. Мартин, Ю.Р. Оленюк // Л.: ЛДУ БЖД, 2017. – 330 с.
4. *Гончаренко М.О., Мартин Є.В.* Графічні технології у сфері цивільного захисту // Інформаційна безпека та інформаційні технології: зб. тез доп. IV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених, студентів і курсантів. – Львів, ЛДУ БЖД, 2021. – С.117-119.
5. *Рижавський К.Є., Мартин Є.В.* Спеціалізоване графічне програмне забезпечення у підготовці рятувальників // Науковий вісник МДПУ. – Мелітополь: МДПУ, 2018. – Вип. 8. Том 1. – С.38-45.

ДО ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В КУРСІ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

Ванін В.В., д.т.н., професор,
Вірченко Г.А., д.т.н., професор,
Лазарчук М.В., старший викладач.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(м. Київ, Україна)*

Анотація – подано базові відомості щодо розробленої методики ознайомлення студентів вищих технічних навчальних закладів з основами параметричного геометричного моделювання. Запропоновані прийоми наведено на прикладі AutoCAD як доволі популярної та зручної для початкового вивчення системи автоматизованого проектування. Акцентовано важливість висвітлення методології параметричного формоутворення в курсі «Інженерна та комп'ютерна графіка». Зазначено, що розглянутий випадок двовимірних побудов плоского контуру поширюється й на відповідне моделювання у тривимірному просторі для створення твердотільних комп'ютерних об'єктів. Окреслено перспективи застосування набутих студентами навичок автоматизованого параметричного формоутворення для подальшого виконання ними курсових і дипломних проектів.

Ключові слова – вища технічна освіта, інженерна та комп'ютерна графіка, параметричне геометричне моделювання, система AutoCAD, структурно-параметричне формоутворення технічних об'єктів.

Постановка проблеми. Викладання інженерних графічних дисциплін є обов'язковим елементом підготовки студентів у вищих технічних навчальних закладах. Це обумовлено важливістю зазначених курсів для забезпечення подальшої якісної освіти спеціалістів різноманітного профілю. На нинішньому етапі неможливо уявити процес навчання без широкого використання комп'ютерних інформаційних технологій. У даному випадку це стосується систем автоматизованого проектування, зокрема, доволі популярного програмного пакета AutoCAD. Суттєвим моментом освітнього процесу є нагальна потреба ознайомлення студентів із найбільш прогресивними підходами до їх майбутньої фахової діяльності. Останнє становить відповідну навчально-педагогічну

проблему, яка вимагає розроблення належних методик викладання певних дисциплін.

Аналіз останніх досліджень. У публікації [1] акцентується, що ефективний розвиток економік передових країн світу обумовлюється наявним технічним прогресом, який неможливий без активної участі в ньому висококваліфікованих інженерів різних спеціальностей. У праці [2] висвітлено комплексний підхід до викладання курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка», що містить навчальний матеріал з нарисної геометрії, креслення та комп'ютерної графіки на прикладі системи AutoCAD. У виданнях [3, 4] наведено відповідно відомості з оформлення конструкторської документації та моделювання у програмі AutoCAD. У дослідженні [5] подано теоретичні основи розробленого науковою школою прикладної геометрії КПІ імені Ігоря Сікорського нового напрямку структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів.

Цілі статті. Мета публікації полягає в описі деяких типових задач запропонованої методики викладання дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» з урахуванням необхідності ознайомлення студентів із засобами параметричного геометричного моделювання на прикладі системи AutoCAD.

Основна частина. Викладання дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» має ретельно враховувати сучасні прогресивні тенденції розвитку комп'ютерних інформаційних технологій, зокрема параметричного формоутворення. Процес побудови геометричної моделі з визначенням раціонального набору параметрів є початковою стадією проектування багатьох технічних об'єктів. У курсі «Інженерна та комп'ютерна графіка» здобувачі вищої освіти ознайомлюються з базовими прийомами розроблення геометричних моделей. Важливим при цьому є належне використання можливостей системи AutoCAD для створення параметричних моделей шляхом введення геометричних обмежень та накладання розмірних залежностей. Зокрема, у вигляді дефініції нових розмірів або формул, які визначають бажане співвідношення форми, розмірів та положення окремих елементів геометричної моделі.

На прикладі плоского контуру відпрацьовуються наступні задачі:

- побудови зображення за визначеними розмірами;
- аналізу геометрії складових частин та фіксації геометричних обмежень;
- прогнозування змін елементів контуру шляхом варіювання параметрів розмірів;
- визначення діапазонів доцільних величин розмірів;
- аналізу відповідності проведених змін стосовно поставлених цілей геометричного моделювання;
- корегування підібраних параметрів для визначення раціонального поєднання геометричних обмежень та розмірних залежностей.

Отже, результатом навчальної роботи є побудова контуру з раціональним набором параметрів, який в подальшому можна використовувати для створення заготовки для динамічного блока з таблицею розмірів.

Деякі конкретні приклади параметричного геометричного моделювання показано на рис. 1 ... рис. 3.

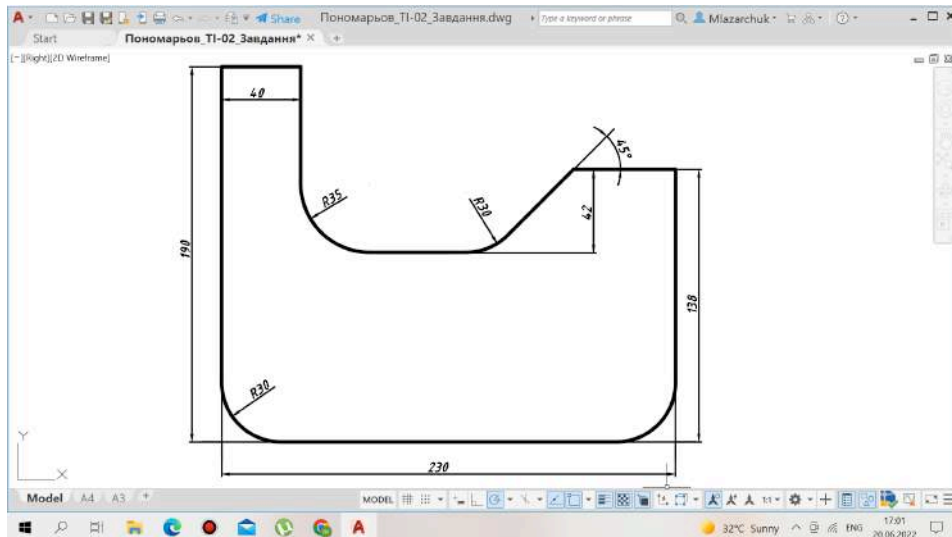


Рис. 1. Побудова геометричного контуру за розмірами

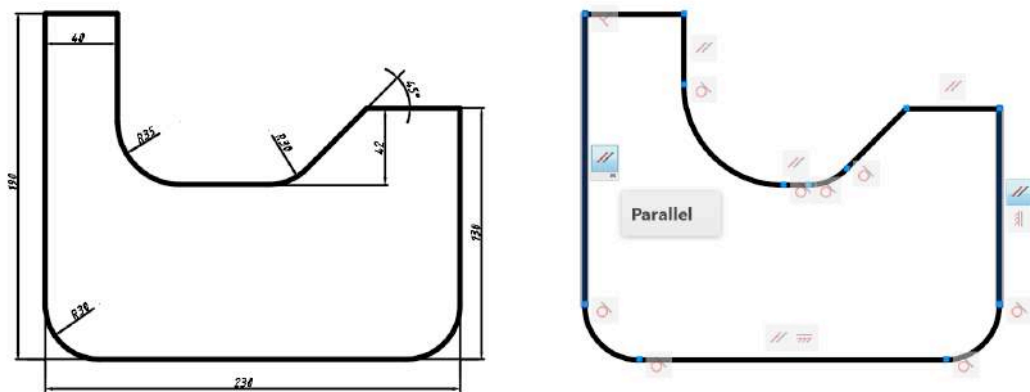


Рис. 2. Додавання геометричних обмежень

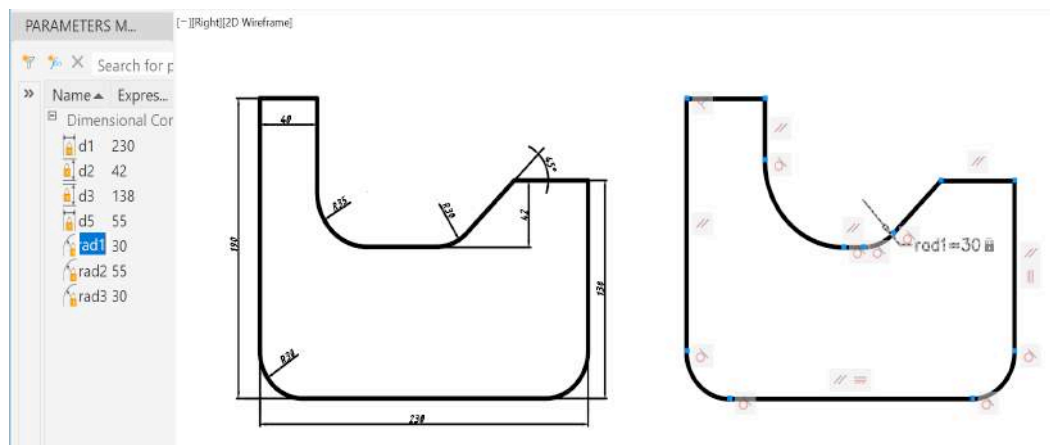


Рис. 3. Введення розмірних залежностей

Таким чином, послідовні етапи роботи з контуром приводять до створення параметризованої моделі. Її можна використовувати для вивчення впливу геометричних обмежень на форму моделі після визначення параметрів розмірів. Це дозволяє провести належний аналіз та внести необхідні корективи. Отже, на прикладі простих форм демонструється алгоритм підбору раціональних параметрів для отримання належної геометричної моделі.

Висновки. У даній публікації подано деякі типові задачі запропонованої навчальної методики ознайомлення студентів із засобами параметричного геометричного моделювання на прикладі системи AutoCAD. Описані прийоми є доволі універсальними. Тому можуть бути розповсюджені й на інші існуючі системи автоматизованого проектування, що підтримують засоби параметризації 2D та 3D моделей.

Отримані навички параметричного геометричного моделювання дозволяють підвищити продуктивність виконання студентами курсових та дипломних робіт. Для підготовки фахівців належного високого рівня важливо ознайомити здобувачів вищої технічної освіти також із більш ефективною методологією структурно-параметричного геометричного моделювання складних технічних об'єктів, процесів їх виготовлення та експлуатації. Окреслений напрямок потребує проведення відповідних подальших прикладних наукових досліджень.

Бібліографічний список

1. Карпаш М., Крижанівський Є., Карпаш О. Вища інженерна освіта в умовах сталого розвитку суспільства. *Вища освіта України*. 2014. № 2. С. 55–60.
2. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна та комп'ютерна графіка. Київ: Каравела, 2012. 368 с.
3. Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації. Київ: Каравела, 2012. 200 с.
4. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. Київ: Каравела, 2013. 336 с.
5. Ванін В.В., Вірченко Г.А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. 2009. Вип. 23. С. 42–48.

ДО ПИТАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ ПРИРОДНИЧОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТНІХ ГАЛУЗЕЙ НА ПРИКЛАДІ НАВЧАЛЬНИХ ПРЕДМЕТІВ ГЕОГРАФІЯ ТА ГЕОМЕТРІЯ

Бобела Н.М., старший учитель,
Оліферчук О.Ю., вчитель 2 категорії,¹
Вірченко Г.А., д.т.н., професор.²

¹Мизівський ліцей

(Ковельський район, Волинська область, Україна)

²Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(м. Київ, Україна)

Анотація – у статті проаналізовано деякі аспекти інтеграції природничої, математичної та інших освітніх галузей, що визначені Державним стандартом базової середньої освіти, затвердженим Кабінетом Міністрів України у вересні 2020 року. Актуальність зазначеного питання обумовлена потребами належного вдосконалення якості навчального процесу, всебічного розвитку учнів, орієнтації отриманих ними знань і вмінь на ефективне практичне використання. У наступних наукових розвідках наведений підхід варто доповнити певними узагальнюючими теоретичними положеннями, розробленими на їх основі педагогічними методиками викладання конкретних предметів, зокрема, географії та геометрії. Окреслений напрямок становить перспективи проведення подальших досліджень.

Ключові слова – базова середня освіта, географія, геометрія, навчальні предмети, освітні галузі, якість викладання.

Постановка проблеми. Державний стандарт [1] базової середньої освіти буде застосовуватися з 1 вересня 2022 року для учнів, що навчаються за програмами дванадцятирічної повної загальної середньої освіти [2]. Остання включає три рівні: початкову, базову та профільну освіту, яким, зазвичай, відповідає тривалість навчання у чотири, п'ять і три роки. Одне з головних завдань полягає в розвитку здібностей учнів, формуванні компетентностей, необхідних для свідомого вибору життєвого шляху, продовження навчання на рівні профільної освіти. Базова середня освіта містить адаптаційний цикл (5–6 класи) і цикл базового предметного навчання (7–9 класи), які включають мовно-літературну, математичну, природничу, технологічну, інформатичну та інші освітні галузі.

Важлива особливість вимог стандарту [1] полягає в тісному взаємозв'язку компетентностей і вмінь наведених освітніх галузей. Так,

наприклад, гарне володіння державною мовою необхідне для правильного розуміння математичних текстів, грамотного висловлювання тощо. Водночас, математичні компетентності повинні забезпечувати належне оперування числами, геометричними фігурами, створення аналітичних і комп'ютерних моделей реальних об'єктів та процесів, оцінювання якості отримуваних результатів і т. д. Тобто сприяти формуванню вмінь у природничій, технологічній, інформатичній та інших освітніх галузях.

Описані нововведення породжують певну проблемну ситуацію, пов'язану з відсутністю достатньої уваги в наявній навчальній літературі акцентованим вище вимогам.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з назвою даної статті розглянуто деякі підручники [3–9] для базової середньої освіти з географії та геометрії. Перший предмет належить до природничої, а другий – до математичної освітньої галузі. Їх вивчення починається відповідно з 6 та 7 класу.

У виданні [3] для 6 класу показано, що географія – це стародавня й водночас сучасна наука, яка досліджує Землю. Подано відомості про географічні карти, оболонки-сфери нашої планети (літосферу, гідросферу, атмосферу, біосферу). З геометричних понять використано такі терміни як масштаб і координати.

Доречним стосовно інтеграції навчальних предметів є початок підручника [4] з геометрії для 7 класу. У ньому звернуто увагу на спільну частину слів «географія» та «геометрія». На давньогрецькій мові «гео» означає «земля». Акцентовано, що в 6 класі викладався «землеопис», бо «графія» перекладається як «опис», а на уроках геометрії вивчається «землеміряння», оскільки «метрео» – це «міряти». Становлення зазначеної давньої науки тісно пов'язане з розмічанням земельних ділянок, обчисленням їх площ і т. д. На жаль, у подальших матеріалах підручника прикладній геометричній діяльності у світлі вимог стандарту [1] приділено недостатньо уваги. Зокрема, наведені на сторінці 29 приклади таких вимірювальних приладів як астролябія, теодоліт, бусоль, секстант без належних пояснень є незрозумілими. З практичної точки зору задачі 183* та 184* невдалі.

Видання [5] для 7 класу присвячено регіональній географії, тобто ознайомленню учнів з материками та океанами Землі, їх рельєфом, кліматом, рослинним і тваринним світом, населенням, державами. У підручнику [6] для 8 класу розглянуто географію України, а саме: її розташування, рельєф, наявні корисні копалини, клімат, флору та фауну, населення і т. д. В аспекті інтеграції слушним є викладення математичних основ картографічного проєкціювання (циліндричного, конічного, азимутального), переваг та недоліків рівнокутних, рівновеликих і довільних проєкцій. Висвітлено належні сучасні комп'ютерні технології, їх ефективні сфери практичного використання. Однак, для кращого забезпечення інтегрованих з геометрією компетентностей у літературі [5,

6] з географії варто навести також певні відповідні способи обчислення довжин шляхів, площ територій тощо.

У підручнику [7] для 8 класу справедливо стверджується, що геометрія потрібна всім: інженерам, архітекторам, столярам, слюсарям, токарям, кравцям та багатьом іншим фахівцям. Подано відомості про трикутники, чотирикутники, багатокутники, описано їх властивості. Зазначено, що чотирикутники і трикутники часто зустрічаються в повсякденному житті, зокрема, в будівництві, побуті, фізиці, хімії, інформатиці, техніці тощо. На жаль, належних прикладів з географії не проаналізовано.

Видання [8] для 9 класу містить навчальний матеріал щодо економічної та соціальної географії. Розглядається сільське господарство, видобувна й легка промисловість, металургійне та хімічне виробництво, машинобудування, транспорт, торгівля і т. д. Відмічено взаємодію географії з такими науками як економіка, соціологія, статистика, математика, історія, екологія та ін. Однак, зв'язки з геометрією докладно не висвітлено.

Завершальний підручник з геометрії [9] циклу базового предметного навчання зовсім не поєднаний із природничою, технологічною, інформатичною та іншими освітніми галузями. Це обумовлено його виданням до затвердження стандарту [1] базової середньої освіти.

Формулювання цілей статті. Мета публікації полягає у викладенні запропонованого підходу до інтеграції природничої та математичної освітніх галузей на прикладі навчальних предметів географія та геометрія.

Основна частина. Як ілюстрацію використаємо вправу 3.7 на сторінці 24 підручника [9], див. рис. 1, щодо знаходження відстані від точки A до дзвіниці B , розташованої на іншому березі річки.

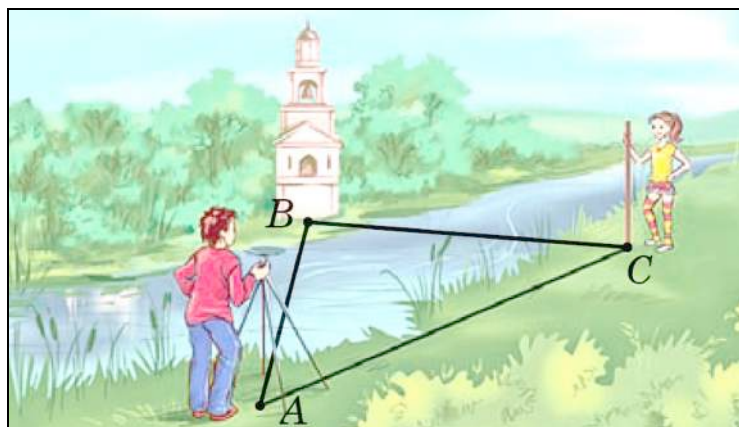


Рис. 1. Вимірювання відстані на місцевості до недоступного об'єкта

У даному випадку

$$\begin{aligned}\angle A = \alpha = 42^\circ, |BC| = a; \angle B = \beta, |AC| = b = 20 \text{ м}; \\ \angle C = \gamma = 64^\circ, |AB| = c.\end{aligned}\tag{1}$$

За теоремою синусів

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} \quad \text{на підставі значень (1) отримуємо}$$

$$c = b \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} = b \frac{\sin \gamma}{\sin(180^\circ - \alpha - \gamma)} = 20 \frac{\sin 64^\circ}{\sin(180^\circ - 42^\circ - 64^\circ)} = 18,7 \text{ м. (2)}$$

Результат (2) свідчить про правильне розуміння учнями теореми синусів. З методичних позицій для формування впевненості здобувачів освіти у своїх знаннях цю величину бажано навести у відповідях до вправ, чого в підручнику [9] не зроблено.

У стандарті [1] відносно математичної компетентності зазначено, що належна якість викладання предмета повинна забезпечувати застосування учнями математичних знань для розв'язання широкого спектра задач у повсякденному житті, моделювання різноманітних об'єктів та процесів. Сприяти правильному оцінюванню ймовірних ризиків, допомагати обирати способи вирішення проблем на основі розуміння причин, що їх обумовлюють, аналізувати наявні обставини, висувати гіпотези, практично їх перевіряти й обґрунтовувати.

У вправі 3.7, яка розглядається, сказано, що потрібні величини отримано за допомогою віх, рулетки та теодоліта (приладу вимірювання кутів). Однак, у підручнику немає інструкцій для користування останнім. Та й, напевно, не в кожному закладі загальної середньої освіти наявний такий прилад. Тому виникає сумнів у здатності учнів здійснити на практиці описаний експеримент, спрямований на поєднання математичних, природничих, технологічних та інформатичних компетенцій. З іншого боку, у виданні [4] тих же авторів на сторінках 9–10 описано прості прилади, які можна використати для вимірювання кутів (рис. 2, а) і координат на географічних картах (рис. 2, б).

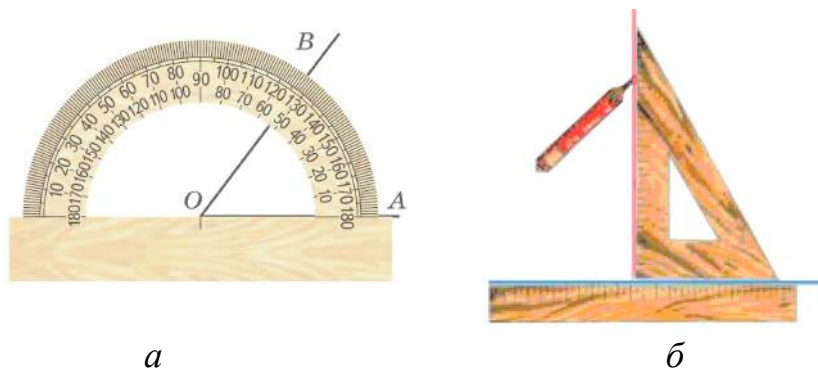


Рис. 2. Прості засоби вимірювання кутів і координат:
а – транспортир; б – лінійка й косинець

У підручнику [7] є рубрика «Виконаємо разом», де доречно приводити завдання, спрямовані на інтеграцію освітніх компетенцій.

Подамо належний опис на основі опрацьовуваного вимірювання відстані до недоступного об'єкта. Така задача актуальна під час практичних робіт з географії стосовно розроблення планів місцевості. Отже,

взаємозв'язок між природничою та математичною компетенцією підкреслено. Далі постає питання щодо технологічної реалізації аналітичної моделі (2). На цьому етапі важливе формування в учнів, на підставі вимог [1], критичного технічного мислення. У даному випадку останнє полягає в розумінні того, що в реальних умовах досить часто одержати точне значення (2) відстані $|AB|$ не вдається. Це пов'язано з похибками вимірювань й обчислень.

Нехай результати експериментів та розрахунків містить табл. 1.

Результати експериментів і розрахунків *Таблиця 1*

$b, м$	$\alpha, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$c, м$
20	41	63	18,37
20	41	65	18,86
20	42	64	18,7
20	43	63	18,54
20	43	65	19,06

Як видно, похибка вимірювань кутів транспортиром становить $\pm 1^\circ$, що обумовлює помилку визначення шуканої відстані $\approx \pm 0,4 м$. Звідси стає зрозумілою необхідність застосування більш точних приладів, зокрема теодоліта, для покращення отримуваних результатів. Також важливою є така технологія, коли вимірювані величини усереднюються або їх похибки взаємно компенсуються, див. табл. 1. Наведений аналіз може бути поглиблений шляхом дослідження впливу довжини b на точність дефініції відстані c тощо. Описані обчислення бажано здійснювати засобами комп'ютерної техніки.

Розглянемо також деякі приклади вдосконалення підручників з географії на основі їх доповнення геометричними моделями, зокрема, для розрахунків протяжності шляхів і площ територій. Проблема точного визначення за картою довжини L довільної траєкторії полягає в потребі брати до уваги просторовий характер цієї лінії, тобто зважати на наявний рельєф місцевості. Відомо, що просторова крива з певною точністю замінюється ламаною. У нашому випадку маємо

$$L = \sum_{i=1}^n |P_i(x_i, y_i, z_i) - P_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})|, \quad (3)$$

де $P_i(x_i, y_i, z_i)$ – радіус-вектори в декартовій системі координат $Oxyz$ вершин апроксимуючої ламаної; $n \in \mathbb{N}$.

При цьому у виразі (3) координати x_i, y_i, z_i беруться з географічної карти. Останній величині відповідає висота опрацьовуваної точки.

За аналогією деяка територія з певною точністю відтворюється в декартовій системі координат Oxy багатокутником із вершинами

$$P_i(x_i, y_i), \quad i \in \mathbb{N}, \quad (4)$$

площа S якого визначається формулою

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i), \quad (5)$$

де при $i=n$: $x_{i+1}=x_1$, $y_{i+1}=y_1$.

Очевидним є факт доречності застосування комп'ютерних програм для математичних моделей (3)–(5), а також пояснень з англійської мови, як засобу міжнародного спілкування, щодо використаних позначень: L – length, P – point, S – squaring (в англійській літературі A – area).

Отже, на базі поданих вище прикладів розглянуто кілька напрямків покращення якості викладання таких навчальних предметів як географія та геометрія у плані практичного впровадження основних положень нового стандарту базової середньої освіти.

Висновки. У даному науковому дослідженні проаналізовано деякі аспекти інтеграції природничої, математичної та інших освітніх галузей, визначених стандартом базової середньої освіти. Актуальність цього питання обумовлена потребами належного вдосконалення навчального процесу, всебічного розвитку учнів, орієнтації отриманих ними знань і вмінь на ефективне використання в особистому та суспільному житті. На думку авторів наведені пропозиції варто врахувати в подальших виданнях підручників. Перспективами наступних розвідок є напрацювання відповідного узагальнюючого теоретичного підходу, розроблення на його основі нових педагогічних методик викладання конкретних предметів, зокрема, географії та геометрії.

Бібліографічний список

1. Державний стандарт базової середньої освіти. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2020 р. № 898. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Text>
2. Про повну загальну середню освіту. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text>
3. Бойко В.М., Міхелі С.В. Географія: підручник для 6 класу закладів загальної середньої освіти. Харків: Сиція, 2020. 256 с.
4. Мерзляк А.Г., Полонський В.Б., Якір М.С. Геометрія: підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. Харків: Гімназія, 2020. 240 с.
5. Бойко В.М., Міхелі С.В. Географія: підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти. Київ: Перун, 2020. 272 с.
6. Бойко В.М., Дітчук І.Л., Заставецька Л.Б. Географія: підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. Київ: Перун, 2021. 296 с.
7. Бевз Г., Бевз В., Владімірова Н. Геометрія: підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. Київ: Освіта, 2021. 272 с.
8. Пестушко В.Ю., Уварова Г.Ш., Довгань А.І. Географія: підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів. Київ: Генеза, 2017. 272 с.
9. Мерзляк А.Г., Полонський В.Б., Якір М.С. Геометрія: підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів. Харків: Гімназія, 2017. 240 с.

ГРАФІЧНІ МОДЕЛІ З ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мартинів В.Л., д.т.н., професор,

Чирва Т.Л., к.т.н., доцент,

Київський національний університет будівництва і архітектури

При проектуванні енергоефективних будівель та термомодернізації існуючих постає питання підвищення енергоефективності будівель. Підвищення енергоефективності будівель можливе за рахунок оптимізації теплоенергетичного впливу навколишнього середовища, що можна досягти оптимізацією геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки.

Проведений аналіз досліджень показав [1], що на тепловий баланс світлопрозорих і непрозорих вертикальних конструкцій будівлі впливають просторова орієнтація його конструкцій (геометричні параметри орієнтації: азимут A_σ , кут нахилу ω), опір теплопередачі R_i та площа конструкцій S_i . При незмінній геометричній формі та орієнтації будівлі змінними параметрами є опір теплопередачі непрозорих $R_{стi}$ і світлопрозорих $R_{ви}$ конструкцій, а також їх площа $S_i, S_{ви}$.

Аналіз досліджень [2-9] засвідчив, що на сьогодні не має графічних моделей для швидкого графічного визначення теплового балансу, оптимальних і раціональних параметрів утеплювача з використанням креслень будівлі з урахуванням впливу сонячної радіації (СР), вітру на теплопередачу непрозорих і світлопрозорих конструкцій під час визначення геометричних параметрів будівель;

Мета. Розробити графічні моделі для швидкого графічного визначення теплового балансу, оптимальних і раціональних параметрів утеплювача з використанням креслень будівлі з урахуванням впливу СР.

Результати дослідження. Для забезпечення заданого рівня теплового балансу $\Delta Q_{ви} = \text{const}$ світло прозорих конструкцій (тепловтрат і тепло надходжень від СР протягом опалювального періоду) виведено аналітичні залежності для визначення раціонального опору теплопередачі конструкцій.

Раціональний опір теплопередачі вікон $R_{ври}$ визначається:

$$R_{ври} = \frac{D_{di}}{\Delta Q_{ви} + Q_{спi} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \epsilon_{ви}} \quad (1)$$

Розроблено комп'ютерні програми та побудовано графічні моделі $R_{vpi} = f(A_{\sigma})$ раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій (рис. 1) (що забезпечують рівень теплового балансу 100, 80, 60, 40 кВт·год/м² протягом опалювального періоду), які можуть використовуватися ще на етапі архітектурного проектування.

Раціональний опір теплопередачі вікна
 $R_{vpi} = f(A_{\sigma})$ при $w = 90$ та $w = 0$ для опалювального періоду м. Київ, $g = 0,5$

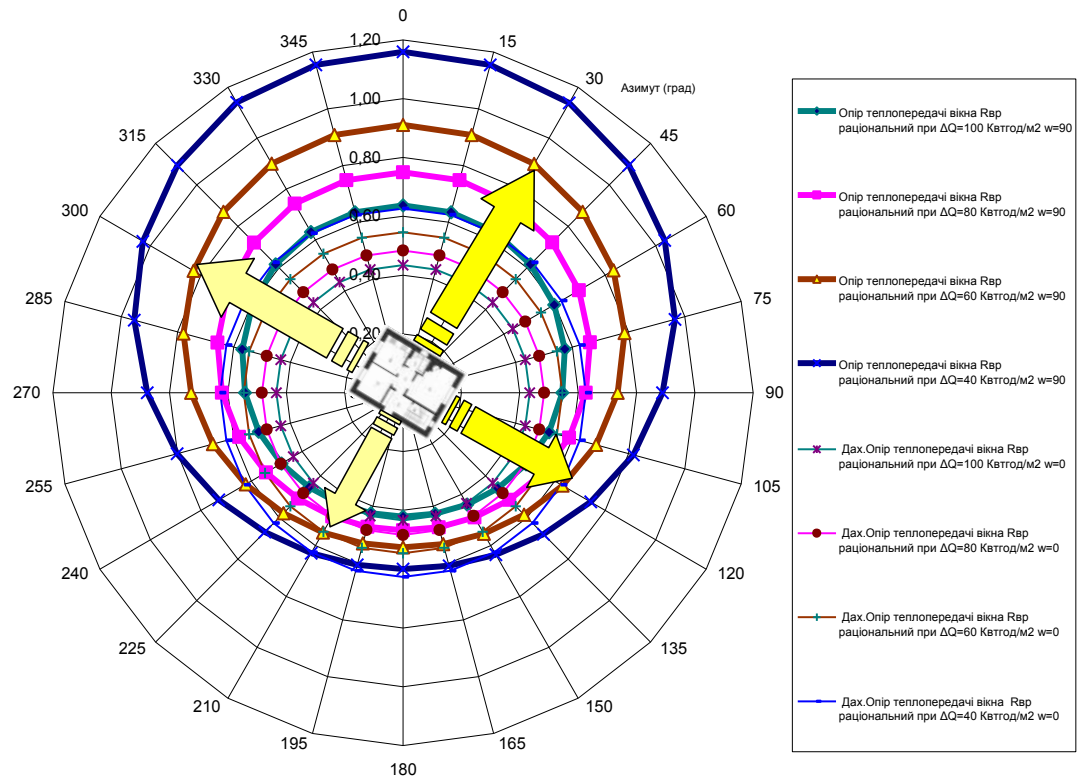


Рис.1 – Графічна модель з визначення раціонального опору теплопередачі вікон залежно від орієнтації та зон раціонального розташування вікон на фасадах будівлі

Для визначення раціонального опору теплопередачі та розташування вікон на гранях будівлі гранної форми разом з отриманими графічними моделями $R_{vpi} = f(A_{\sigma})$ застосовуються і креслення будівлі. При цьому план будівлі суміщується з моделями, і проектувальник у діалоговому режимі за комп'ютером визначає раціональний рівень опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій і зони раціонального, допустимого та небажаного розташування вікон в огорожувальних конструкціях будівлі.

Для присадибного будинку в м. Київ, використовуючи графічні моделі рис. 2 можна зробити такі рекомендації щодо забезпечення заданого рівня

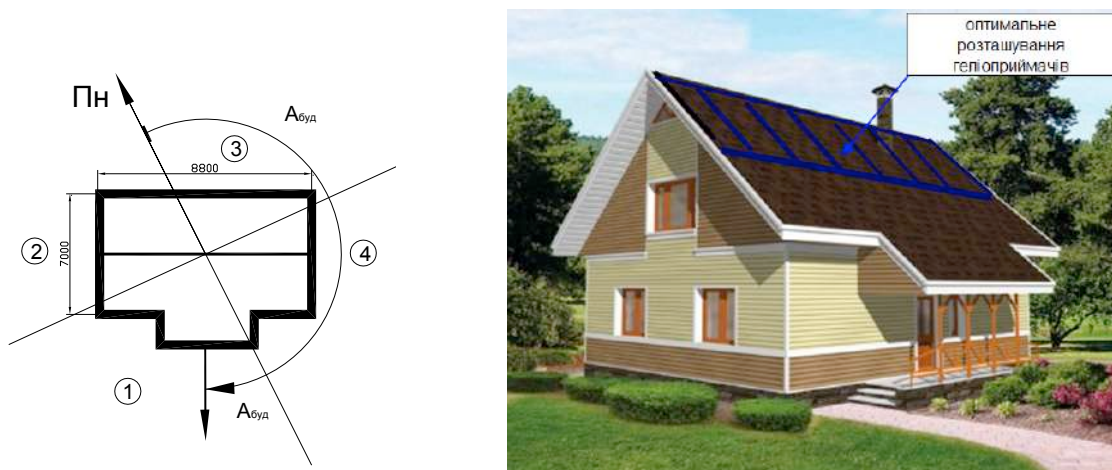


Рис. 2.– Присадибний будинок в м. Києві

тепловтрат вікон $\Delta Q_{vi} = 60$ кВт год/м² за рахунок раціонального опору теплопередачі та орієнтації світлопрозорих конструкцій, а саме:

– розташовувати вікна з великими розмірами доцільно на фасаді з орієнтацією $A_{\sigma} = 210^{\circ}$ ($R_{vp} = 0,48$ м²·К/Вт) та $A_{\sigma} = 120^{\circ}$ ($R_{vp} = 0,52$ м²·К/Вт) та відповідно використовувати раціональний опір теплопередачі;

– розташування вікон на фасаді з орієнтацією $A_{\sigma} = 300^{\circ}$ можливо при встановленні вікон з раціональним опором теплопередачі $R_{vp} = 0,82$ м²·К/Вт;

– вікна з орієнтацією $A_{\sigma} = 30^{\circ}$ розташовувати на фасаді недоцільно, але за необхідності їх використання необхідно довести опір теплопередачі до $R_{vp} = 0,9$ м²·К/Вт;

– пропонується по можливості для приміщень з орієнтацією світло прозорі конструкції $A_{\sigma} = 30^{\circ}$ перенести вікно на стіну з азимутальною орієнтацією $A_{\sigma} = 120^{\circ}$, а для приміщень з орієнтацією $A_{\sigma} = 300^{\circ}$ перенести вікно на стіну з азимутальною орієнтацією $A_{\sigma} = 210^{\circ}$.

Висновок. Розроблено графічні моделі та спосіб визначення оптимального опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій (перерозподілу утеплювача по огорожувальних конструкціях) з урахуванням теплоенергетичного впливу навколишнього середовища (при визначеній кількості утеплювача), а також графічний спосіб визначення раціонального опору теплопередачі світлопрозорих вертикальних конструкцій будівлі (перерозподілу утеплювача по огорожувальних конструкціях), залежно від азимутальної орієнтації, за умови дотримання заданого рівня тепловтрат.

Література

1. Мартинов В. Моделювання оптимальних геометричних параметрів енергоефективних будівель гранованої форми: дис. ... доктор техн. наук : 05.01.01 / Мартинов В'ячеслав Леонідович. – М., 2015. – 351 с.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учеб. для вузов / В. Н. Богословский. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Высш. школа, 1982. – 415 с.
3. Буравченко в. с. Геометричні методи регулювання інсоляційного режиму енергоефективних будівель : дис.... канд. техн. наук : 05.01.01 / Буравченко Всеволод сергійович . – К., 2013. – 180 с.
4. Вольфганг Файст. Основные положения по проектированию пассивных домов (Wolfgang Feist «Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser»). – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 144 с. : ил
5. Запривода В. І. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на поверхні просторових покриттів архітектурних об'єктів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.01.01 «Прикл. геометрія, інж. графіка» / В. І. Запривода. – К., 2002. – 17 с.
6. Кащенко Т. О. Підвищення енергоефективності житлових будинків на основі оптимізації форми : дис. ... канд. архітектури : 18.00.02 / Кащенко Тетяна Олександрівна. – К., 2001. – 190 с.
7. Мельник А. П. Моделирование процессов теплопереноса через ограждающие конструкции зданий и системы вентиляции : автореф. дисс. на соиск. научн. степени канд. техн. наук : спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / А. П. Мельник. – М., 2011. – 17 с.
8. Плоский В. О. Розробка геометричної моделі нестационарного термовологопереносу: розрахунок ефективного коефіцієнта теплопровідності / [В. О. Плоский, В. І. Клапченко, Т. В. Ляшко, В. А. Новомінський] // Інженерна графіка та геометричне моделювання із застосуванням комп'ютерних технологій : наук.-метод. конф. : [зб. праць]. – Рівне, 1997. – С. 5–7.
9. Підгорний О. Л. Геометричне моделювання надходження сонячної радіації на різні поверхні / О. Л. Підгорний // Прикл. геометрія та інж. графіка : збірник статей. – К. : КІБІ, 1993. – Вип. 54. – с. 10–12.
- 10.Сергейчук О. В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. – К., 2008. – 341 с.
- 11.Сергейчук О. Теплопередача через наклонные светопроемы в зимнее время / О. Сергейчук, А. Аветиков, В. Лисовец // Витрина. – 2001. – № 10. – С. 16–23.

ТРАНСПОРТУВАННЯ ЧАСТИНКИ РУХОМОЮ ХВИЛЯСТОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Воліна Т.М., к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна), Сумський національний аграрний університет (м. Суми, Україна)

Анотація – у статті досліджуються закономірності руху матеріальних частинок по хвилястій поверхні з поперечним перерізом у вигляді синусоїди під час її колових поступальних коливань в горизонтальних площинах. Складено диференціальні рівняння відносного переміщення частинки, які розв’язано чисельними методами. Побудовано траєкторії ковзання частинки по поверхні та графіки її реакції. Частковим випадком поверхні є площина, а траєкторією ковзання частинки є коло. Знайдено аналітичний вираз для визначення його радіуса. При колових коливаннях хвилястої лінійчатої поверхні з поперечним перерізом у вигляді синусоїди відносною траєкторією частинки після стабілізації руху може бути замкнена або періодична просторові криві. Для уникнення відриву частинки від поверхні потрібно задавати режим коливань, який враховує форму поверхні та кінематичні параметри коливань. При діаметрі кола, яке описують усі точки поверхні при її коливанні, рівному періоду синусоїди, траєкторією відносного руху частинки може бути періодична крива. У цьому випадку частинка рухається в напрямі, близькому до поперечного, долаючи впадини і гребні поверхні. У інших випадках траєкторією є замкнена просторова крива, горизонтальна проекція якої близька до кола. Знайдені аналітичні залежності дозволяють визначати вплив конструктивних та технологічних параметрів поверхні на траєкторію руху частинки по ній.

Ключові слова – частинка, хвиляста поверхня, колові коливання, диференціальні рівняння, кінематичні параметри.

Постановка проблеми. Шорстка площина є універсальним конструктивним елементом багатьох машин і пристроїв для просіювання і сепарації частин технологічного матеріалу. Найбільш дослідженим є рух частинок по горизонтальній площині, яка здійснює коливальний прямолінійний або круговий рух [1]. Хвиляста поверхня із поперечним перерізом у вигляді синусоїди в ролі робочої поверхні суттєво змінюватиме траєкторії ковзання частинок. Відповідно зміниться і математичний опис такого руху. Ковзання частинки по площині буде частковим випадком ковзання по хвилястій поверхні, коли амплітуда

синусоїди дорівнюватиме нулю. При коливаннях хвилястої поверхні, коли всі її точки описують кола, рух технологічного матеріалу суттєво змінюється.

Аналіз останніх досліджень. Рух матеріальних частинок по поверхнях розглядається у наукових статтях у контексті їхньої природи: це можуть бути механічні частинки, частинки газу чи рідини, частинки у потоці тощо. Звісно, рух окремої частинки не може бути ідентифіковано з рухом тіла або технологічного матеріалу, який складається з окремих частинок та під час дослідження руху якого мають бути враховані сили інерції, що виникають під час обертання тіла. У деяких випадках при незначних кутових швидкостях ці сили можуть бути проігноровані, як, наприклад, при дослідженні руху частинки по зовнішній поверхні циліндра, що здійснює поступальні коливання в горизонтальних площинах [2]. Проте, на основі руху окремої частинки можливо ідентифікувати залежності, що можуть бути застосовані до тіла або до технологічного матеріалу чи допомагають визначити напрям подальших досліджень. Так, науковцями розглянуто рух матеріальних частинок по рухомим спіральним робочим органам [3]; по гвинтовій поверхні [4]; по гравітаційному спуску, утвореному поверхнею косоного закритого гелікоїда [5]; по сферичному сегменту, який обертається навколо вертикальної осі [6]; переміщення частинки в неактивній зоні між шарнірними гвинтовими секціями гнучкого гвинтового конвеєра [7]. Отже, для вивчення руху частинки в залежності від конструктивних параметрів поверхні необхідно мати аналітичні залежності, що описують такий рух.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження закономірностей руху матеріальних частинок по хвилястій поверхні, яка здійснює колові поступальні коливання в горизонтальних площинах. Хвилястою поверхнею є циліндрична поверхня із горизонтальним розташуванням прямолінійних твірних і поперечним перерізом у вигляді синусоїди.

Основна частина. Параметричні рівняння циліндричної поверхні, у якої поперечним перерізом є синусоїда, а прямолінійні твірні паралельні осі OX , запишуться:

$$X=u; \quad Y=v; \quad Z=c\sin av, \quad (1)$$

де c – амплітуда, a – частота (сталі величини);

u, v – незалежні змінні поверхні, де u – довжина прямолінійної твірної, v – відстань вздовж осі OY .

Циліндрична хвиляста поверхня здійснює поступальні коливання таким чином, що всі її точки описують кола (на рис. 1 показані траєкторії переміщення чотирьох точок поверхні). Абсолютний рух частинки будемо розглядати по відношенню до нерухомої системи координат $OXYZ$.

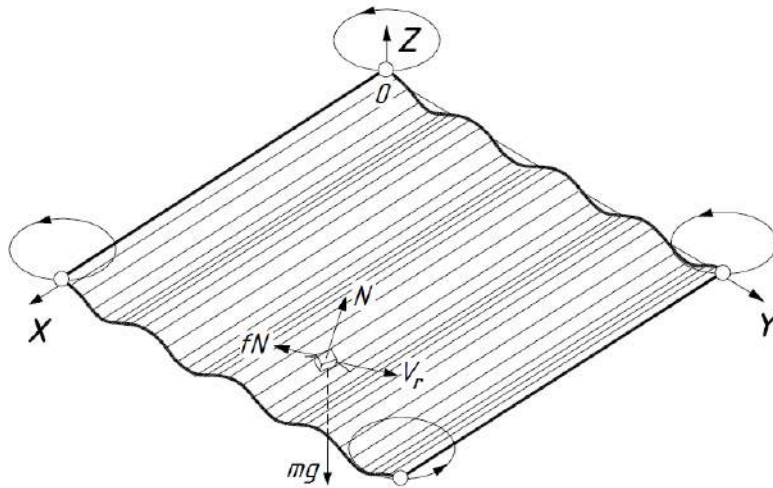


Рис. 1. Схема колових коливань хвилястої поверхні та прикладені до частинки сили

Якщо поверхню прив'язати до рухомої системи координат, то при її коливанні осі рухомої і нерухомої систем весь час будуть паралельними. Це означає, що абсолютну траєкторію частинки можна записати як суму переносного руху поверхні, точки якої описують кола, і відносного руху точки по хвилястій поверхні:

$$x = x_e + x_r; y = y_e + y_r; z = z_e + z_r, \quad (2)$$

де $x_e = x_e(t)$; $y_e = y_e(t)$; $z_e = z_e(t)$ – траєкторія переносного руху поверхні у функції часу t ;

$x_r = x_r(t)$; $y_r = y_r(t)$; $z_r = z_r(t)$ – траєкторія відносного руху частинки по поверхні у функції часу t .

Позначимо радіус кіл, по яких рухаються точки циліндра, через r . Тоді переносний рух точок хвилястої поверхні буде описано рівняннями:

$$x_e = r \cos \omega t; \quad y_e = r \sin \omega t; \quad z_e = 0, \quad (3)$$

де ω – кутова швидкість обертання точок поверхні по колах.

По поверхні точка ковзатиме по певній траєкторії. Рівняння траєкторії можна одержати, якщо зв'язати між собою незалежні змінні v і u поверхні (1). Цей зв'язок запишемо через час t , тобто координати частинки на хвилястій поверхні будуть функціями часу: $v = v(t)$ і $u = u(t)$. У такому випадку відносний рух частинки опишеться рівняннями:

$$x_r = u; \quad y_r = v; \quad z_r = c \sin a v. \quad (4)$$

Сумуючи переносний (3) і відносний (4) рухи за формулою (2), отримаємо рівняння абсолютної траєкторії частинки:

$$\begin{aligned} x &= u + r \cos \omega t; \\ y &= v + r \sin \omega t; \\ z &= c \sin a v. \end{aligned} \quad (5)$$

Залежності $v = v(t)$ і $u = u(t)$, які описують траєкторію відносного руху (ковзання частинки по хвилястій поверхні), є невідомими функціями, які потрібно знайти. Після диференціювання рівнянь (5) по часу t знайдемо проекції абсолютної швидкості частинки:

$$\begin{aligned}x' &= u' - r\omega \sin \omega t; \\y' &= v' + r\omega \cos \omega t; \\z' &= acv' \cos a v.\end{aligned}\quad (6)$$

Диференціюванням виразів (6) отримуємо проекції абсолютного прискорення:

$$\begin{aligned}x'' &= u'' - r\omega^2 \cos \omega t; \\y'' &= v'' - r\omega^2 \sin \omega t; \\z'' &= ac(v'' \cos a v - av'^2 \sin a v).\end{aligned}$$

Складемо рівняння руху у вигляді $m\bar{w} = \bar{F}$, де m – маса частинки, $\bar{w}$ – вектор абсолютного прискорення, $\bar{F}$ – результуючий вектор прикладених до частинки сил. Такими силами є (рис. 1): сила ваги mg ($g=9,81 \text{ м/с}^2$), реакція N поверхні та сила тертя fN при ковзанні частинки по поверхні (f – коефіцієнт тертя). Усі сили потрібно спроекціювати на осі системи координат $OXYZ$.

Сила ваги спрямована вниз, отже її проекції запишуться:

$$\{0; 0; -mg\}.$$

Реакція N поверхні спрямована по нормалі до неї і визначається із векторного добутку двох векторів, дотичних до координатних ліній поверхні. Проекціями цих векторів є частинні похідні рівнянь (1):

$$\begin{aligned}\frac{\partial X}{\partial v} &= 0; & \frac{\partial Y}{\partial v} &= 1; & \frac{\partial Z}{\partial v} &= ac \cos a v; \\ \frac{\partial X}{\partial u} &= 1; & \frac{\partial Y}{\partial u} &= 0; & \frac{\partial Z}{\partial u} &= 0.\end{aligned}\quad (7)$$

Після векторного множення векторів (7) і приведення отриманого вектора до одиничного проекції вектора нормалі до поверхні запишуться:

$$\left\{0; -\frac{ac \cos a v}{\sqrt{1 + a^2 c^2 \cos^2 a v}}; \frac{1}{\sqrt{1 + a^2 c^2 \cos^2 a v}}\right\}.$$

Сила тертя спрямована по дотичній до траєкторії відносного руху частинки в протилежну вектору швидкості ковзання частинки сторону. Напрямок вектора визначається першими похідними рівнянь (4):

$$x'_r = u'; \quad y'_r = v'; \quad z'_r = acv' \cos a v. \quad (8)$$

Геометрична сума складових (8) дасть величину швидкості ковзання частинки по хвилястій поверхні у відносному русі:

$$V_r = \sqrt{x_r'^2 + y_r'^2 + z_r'^2} = \sqrt{u'^2 + v'^2(1 + a^2 c^2 \cos^2 a v)}. \quad (9)$$

Одиничний вектор дотичної в проекціях на осі системи $OXYZ$ одержимо діленням проекцій (8) на величину вектора (9):

$$\left\{\frac{u'}{V_r}; \frac{v'}{V_r}; \frac{acv' \cos a v}{V_r}\right\}. \quad (10)$$

Розпишемо векторне рівняння $m\bar{w} = \bar{F}$ в проекціях на осі системи координат, взявши до уваги, що сила тертя fN спрямована вздовж одиничного вектора (10) в протилежну до нього сторону:

$$\begin{aligned} m(u'' - r\omega^2 \cos \omega t) &= -fN \frac{u'}{V_r}; \\ m(v'' - r\omega^2 \sin \omega t) &= -\frac{Nac \cos v}{\sqrt{1+a^2c^2 \cos^2 av}} - fN \frac{v'}{V_r}; \\ mac(v'' \cos av - av'^2 \sin av) &= \\ &= -mg + \frac{N}{\sqrt{1+a^2c^2 \cos^2 av}} - fN \frac{acv' \cos av}{V_r}. \end{aligned} \quad (11)$$

До системи (11) входять три невідомі функції: $N=N(t)$, $u=u(t)$ і $v=v(t)$. Розв'язуючи її відносно N , u'' і v'' , отримаємо наступні вирази:

$$\begin{aligned} v'' &= \frac{1}{A^2} [r\omega^2 \sin \omega t + ac(a^2cv'^2 \sin av - g) \cos av] - \frac{fv'}{AV} B; \\ u'' &= r\omega^2 \cos \omega t - \frac{fv'}{AV} B; \\ N &= \frac{m}{A} B, \end{aligned} \quad (12)$$

де $A = \sqrt{1 + a^2c^2 \cos^2 av}$; $B = [g + ac(r\omega^2 \cos av \sin \omega t - av'^2 \sin av)]$.

Система (12) не може бути проінтегрована в аналітичному вигляді. Її потрібно розв'язувати чисельними методами. Знайдені залежності $v=v(t)$ і $u=u(t)$ потрібно підставити у рівняння (4) для того, щоб одержати відносну траєкторію руху частинки по хвилястій поверхні, тобто траєкторію ковзання. Якщо амплітуда $c=0$, то параметричні рівняння поверхні (1) перетворюються у рівняння горизонтальної площини. У такому випадку система (12) значно спрощується:

$$\begin{aligned} v'' &= r\omega^2 \sin \omega t - fg \frac{v'}{\sqrt{u'^2 + v'^2}}; \\ u'' &= r\omega^2 \cos \omega t - fg \frac{u'}{\sqrt{u'^2 + v'^2}}; \\ N &= mg. \end{aligned} \quad (13)$$

На рис. 2 чисельними методами побудовано траєкторію ковзання частинки по площині при наступних параметрах: $r=0,05$ м, $\omega=10$ с⁻¹, $f=0,3$. Після перехідного процесу траєкторією ковзання частинки є коло, радіус якого менший від кола, яке описують всі точки площини.

На рис. 3 побудовано графік зміни швидкості V_r ковзання протягом 3 с. Із нього видно, що після перехідного процесу, коли траєкторією відносного руху частинки стає коло, швидкість ковзання стає сталою. Скористаємося цим фактом, щоб знайти аналітичний опис ковзання частинки після стабілізації її руху. При $\sqrt{u'^2 + v'^2} = V_r = \text{const}$ система (13) розпадається на два незалежні диференціальні рівняння:

$$v'' = r\omega^2 \sin \omega t - fg \frac{v'}{V_r};$$

$$u'' = r\omega^2 \cos \omega t - fg \frac{u'}{V_r}.$$

Їх часткові розв'язки, коли сталі інтегрування дорівнюють нулю, запишуться:

$$\begin{aligned} v &= -\frac{rV_r\omega}{f^2g^2 + V_r^2\omega^2} (fg \cos \omega t + V_r\omega \sin \omega t); \\ u &= \frac{rV_r\omega}{f^2g^2 + V_r^2\omega^2} (fg \sin \omega t - V_r\omega \cos \omega t). \end{aligned} \quad (14)$$

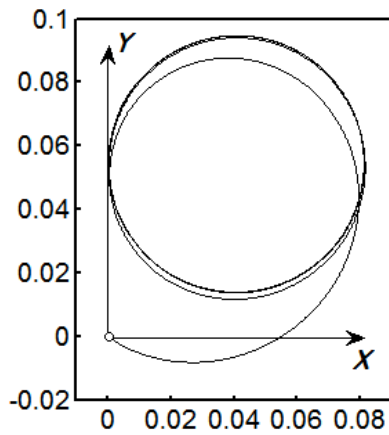


Рис. 2. Траєкторія ковзання частинки

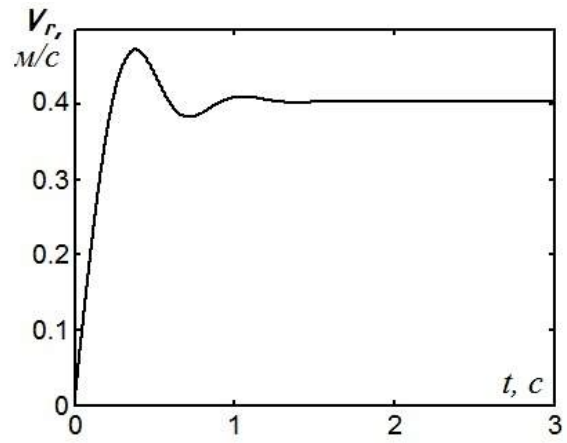


Рис. 3. Графік зміни швидкості частинки

Знайдемо вираз для сталої V_r через задані параметри коливального руху. Диференціюємо рівняння (14) і знаходимо:

$$V_r = \sqrt{u'^2 + v'^2} = \frac{rV_r\omega^2}{\sqrt{f^2g^2 + V_r^2\omega^2}}. \quad (15)$$

Розв'язавши (15) відносно V_r , знаходимо:

$$V_r = \frac{\sqrt{r^2\omega^4 - f^2g^2}}{\omega}. \quad (16)$$

Підставляємо (16) у (14) і остаточно знаходимо параметричні рівняння, які описують траєкторію ковзання частинки по площині у відносному русі після його стабілізації:

$$\begin{aligned} v &= -r \sin \omega t + \frac{fg}{r\omega^4} (fg \sin \omega t - \sqrt{r^2\omega^4 - f^2g^2} \cos \omega t); \\ u &= -r \cos \omega t + \frac{fg}{r\omega^4} (fg \cos \omega t + \sqrt{r^2\omega^4 - f^2g^2} \sin \omega t). \end{aligned} \quad (17)$$

Якщо площа абсолютно гладенька, тобто $f=0$, то рівняння відносного руху (17) мають протилежний знак рівнянь переносного руху (3), внаслідок чого частинка в абсолютному русі згідно рівнянь (5) залишається нерухомою. Із рівнянь (17) знаходимо радіус r_r кола, яке описує частинка, ковзаючи по площині після стабілізації руху:

$$r_r = \sqrt{u^2 + v^2} = r \sqrt{1 - \left(\frac{fg}{r\omega^2}\right)^2}.$$

Радіус r_r наближається до радіуса r при зменшенні коефіцієнта f тертя або ж при зростанні кутової швидкості ω коливань площини.

Побудуємо відносні траєкторії руху частинки по хвилястій поверхні. Слід зауважити, що форма поверхні повинна бути певним чином обмежена через параметри її поперечного перерізу. Було взято синусоїду зі сталими $c=0,005$ (амплітуда) і $a=62,8$ (період $T=0,1$), тобто співвідношення амплітуди до періоду становить $1:20$. При менших співвідношеннях відбувається відрив частинки від поверхні. Вказане співвідношення не є усталеним, воно залежить від радіуса r кіл, по яких відбувається коливання поверхні, кутової швидкості ω , коефіцієнта тертя f .

Випадок перший. Діаметр кіл переносного руху поверхні дорівнює періоду: $2r=T$. Цей випадок є характерним, оскільки траєкторія ковзання частинки по поверхні не є замкненою лінією (рис. 4). Траєкторією ковзання є періодична просторова крива, при цьому криволінійне ковзання частинки поширюється в напрямі, близькому до напрямку осі OY , і частинка при своєму русі долає впадини і гребені поверхні. Напрямок поширення такого руху може відбуватися як у напрямі осі OY , так і в протилежну сторону. Поведінка частинки залежить від точки попадання на поверхню.

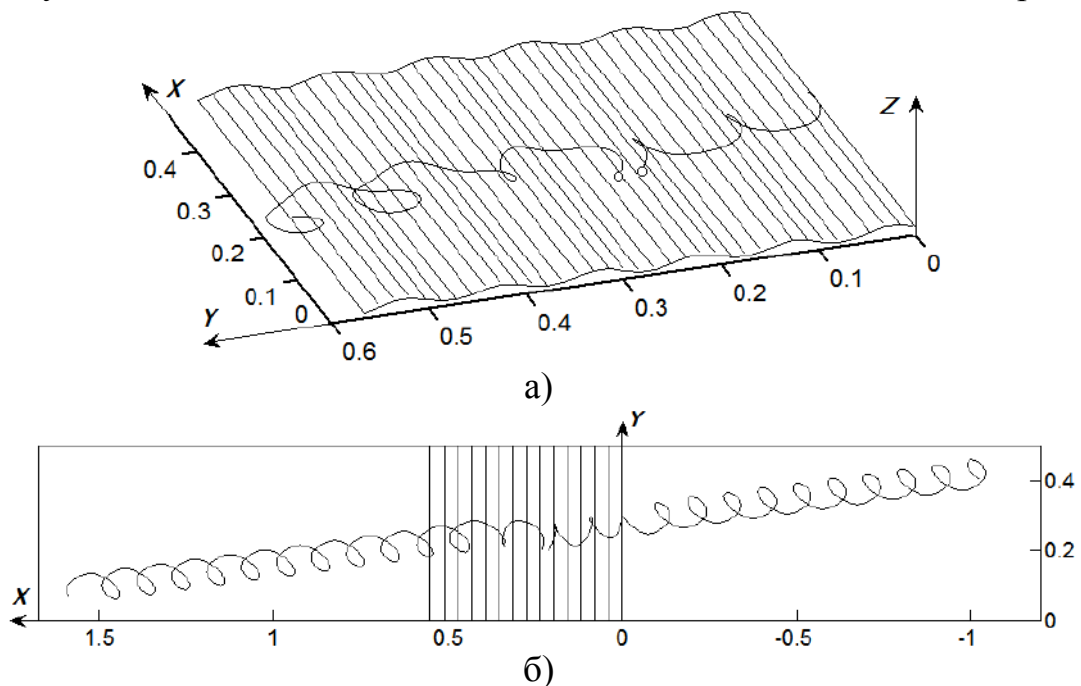


Рис. 4. Траєкторії відносного руху частинки по хвилястій поверхні при $r=0,05$ м, $\omega=10$ с⁻¹, $f=0,3$, $c=0,005$, $a=62,8$:

- а) траєкторії руху частинки на обмеженій ділянці поверхні в аксонометрії;
б) траєкторії руху частинки на горизонтальній проекції протягом 8 с

На рис. 4,а побудовано траєкторії відносного руху частинки на обмеженій ділянці поверхні, де відбувається перехідний процес, із зазначенням точки попадання на поверхню. На рис. 4,б показана горизонтальна проекція траєкторій відносного руху частинки, яка рухалася протягом 8 с.

При ковзанні частинки по хвилястій поверхні її реакція N змінюється на відміну від площини, де $N=mg$. На рис. 5 побудовано графік зміни реакції поверхні для частинки масою $m=0,01$ кг. Він побудований для однієї із траєкторій, зображених на рис. 4,б, і характерний і для іншої траєкторії. При зростанні кутової швидкості коливань ω характер поширення коливань не змінюється, однак в певні моменти часу реакція поверхні набуває від'ємних значень, тобто напрям її вектора змінюється на протилежний. У такому випадку траєкторія руху частинки була б реальною, якби вона рухалася між двох паралельних поверхонь. Оскільки в нас тільки одна поверхня, то в момент, коли реакція стає рівною нулю, відбувається відрив частинки від поверхні, тобто подальша її траєкторія стає невідомою. З огляду на це, ми в подальшому розглядаємо тільки такі випадки руху, коли реакція має позитивний знак.

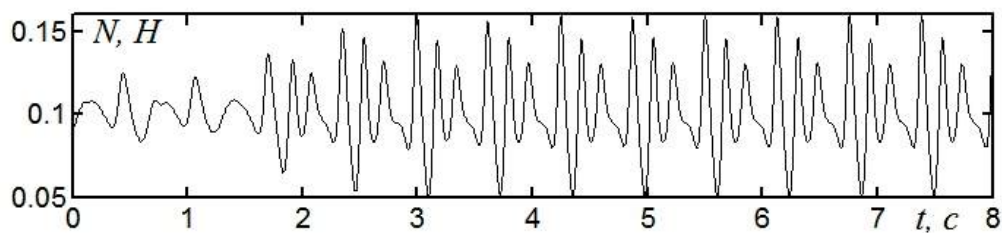


Рис. 5. Графік зміни реакції поверхні на частинку, яка ковзає по хвилястій поверхні

Випадок другий. Діаметр кіл переносного руху поверхні менший за період: $2r < T$. У цьому випадку після перехідного періоду траєкторія ковзання частинки стає замкненою. На рис. 6 побудовано траєкторії відносного руху частинки по хвилястій поверхні при всіх попередніх параметрах, включно із точками попадання частинки на поверхню, зі зміною тільки одного параметра: $r=0,04$ м.

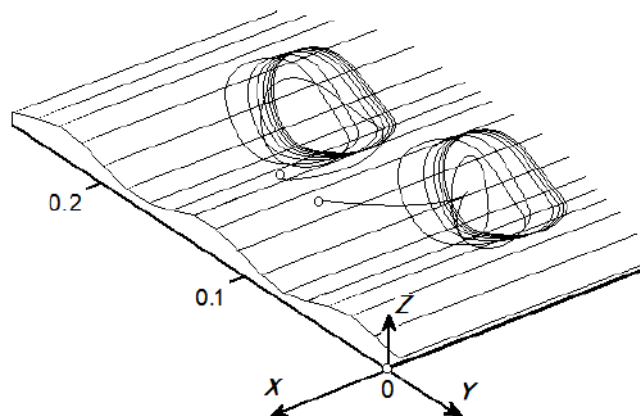


Рис. 6. Траєкторії відносного руху частинки по хвилястій поверхні при $r=0,04$ м, $\omega=10$ с⁻¹, $f=0,3$, $c=0,005$, $a=62,8$

Випадок третій. Діаметр кіл переносного руху поверхні більший за період: $2r > T$. У цьому випадку перехідний період може тривати досить довго, як показано на рис. 7 (при $\omega = 10 \text{ c}^{-1}$), або ж швидше переходити до замкненої траєкторії при зростанні кутової швидкості коливань ω (при $\omega = 15 \text{ c}^{-1}$).

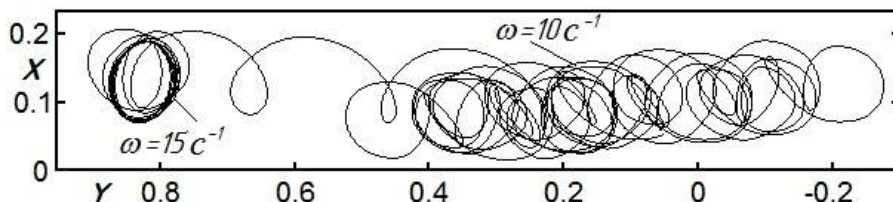


Рис. 7. Горизонтальна проекція траєкторій відносного руху частинки по хвилястій поверхні при $r=0,06 \text{ м}$, $\omega=10 \text{ c}^{-1}$, $f=0,3$, $c=0,005$, $a=62,8$

При подальшому зростанні радіуса r частинка після перехідного періоду рухається по замкненій кривій, причому ця замкнена крива збільшується у розмірах відповідно до радіуса r колових коливань. На рис. 8 побудовано траєкторію ковзання частинки при збільшенні радіуса r кіл коливань до $0,07 \text{ м}$. Якщо зменшувати амплітуду c синусоїди, то хвиляста поверхня наблизатиметься до площини, а замкнена крива ковзання – до кола.

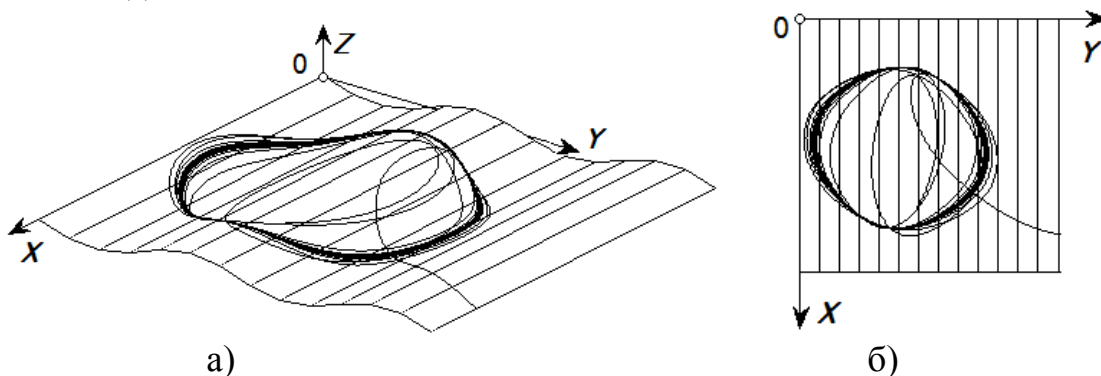


Рис. 8. Траєкторія відносного руху частинки по хвилястій поверхні при $r=0,07 \text{ м}$, $\omega=10 \text{ c}^{-1}$, $f=0,3$, $c=0,005$, $a=62,8$:

а) аксонометричне зображення;

б) горизонтальна проекція

Розглянуті випадки досить повно відображають можливі траєкторії відносного руху частинки по хвилястій поверхні при її колових коливаннях. У статті не показано вплив коефіцієнта тертя f на траєкторію ковзання частинки, однак його значення не вносить суттєвих змін на характер кривих ковзання частинки і обмежується розглянутими випадками.

Висновки. При колових коливаннях хвилястої лінійчатої поверхні з поперечним перерізом у вигляді синусоїди відносно траєкторією частинки після стабілізації руху може бути замкнена або періодична просторові криві. Для уникнення відриву частинки від поверхні потрібно

задавати режим коливань, який враховує форму поверхні та кінематичні параметри коливань. При діаметрі кола, яке описують всі точки поверхні при її коливанні, рівному періоду синусоїди, траєкторією відносного руху частинки може бути періодична крива. У цьому випадку частинка рухається в напрямі, близькому до поперечного, долаючи впадини і гребні поверхні. У інших випадках траєкторією ковзання є замкнена просторова крива, горизонтальна проекція якої близька до кола.

Бібліографічний список

1. Nguyen V. X., Golikov N.S. Analysis of material particle motion and optimizing parameters of vibration of two-mass GZS vibratory feeder // Journal of Physics Conference Series. – 1015(5):052020, doi: 10.1088/1742-6596/1015/5/052020.
2. Pylypaka S., Klendiy M., Zaharova T. Movement of the particle on the external surface of the cylinder, which makes the translational oscillations in horizontal planes // In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. – 2019. – P. 336–345, doi: 10.1007/978-3-319-93587-4_35.
3. Matveev A.I., Lebedev I.F., Nikiforova L.V., Yakovlev B.V. Modeling of the particles movement in a screw pneumatic separator / Mining Information and Analytical Bulletin. – 2014. – № 10. – P. 172–178.
4. Hevko R., Zalutskyi S., Hladyo Y., Tkachenko I., Lyashuk O., Pavlov O., Pohrishchuk B., Trokhaniak O., Dobizha N. Determination of interaction parameters and grain material flow motion on screw conveyor elastic section surface // INMATEH–Agricultural Engineering. – 2019. – № 57(1). – P. 123–134.
5. Kresan T.A. Розрахунок гравітаційного спуску, утвореного поверхнею косого закритого гелікоїда // Техніка та енергетика / Machinery & Energetics. – 2020. – S.1, № 11(2). – P. 49–57, doi: 10.31548/machenergy2020.02.049.
6. Kobets A., Ponomarenko N., Kharytonov M. Construction of centrifugal working device for mineral fertilizers spreading // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2017. – № 51(1). – P. 5–14.
7. Trokhaniak O., Hevko R., Lyashuk O., Dovbush T., Pohrishchuk B., Dobizha N. Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections // INMATEH–Agricultural Engineering. – № 60(1). – P. 261–268.

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВИХ ПОЛОЖЕНЬ РОБОТА НА СКЛАДСЬКІЙ ПЛОЩАДЦІ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ ІЗ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ

Назарюк В.М., курсант

Комяк В.М., д.т.н., професор,

*Національний університет цивільного захисту України
(м. Харків, Україна)*

Анотація – у статті запропоновано спосіб визначення положення певного контейнера на складській площадці за інформацією зі спеціальних датчиків, який базується на методі найменших квадратів. Проаналізовано деякі алгоритми розрахунку шляху робота серед перешкод. Недоліком перелічених алгоритмів є те, що у якості робота розглядається, як правило коло. В роботі пропонується алгоритм, основою якого є апарат Ф-функцій. Умови неперетину робота і перешкод реалізуються в статті за допомогою апарата годографа вектор функції щільного розміщення двох геометричних об'єктів, що є r -рівнем їх Ф-функції. Цей апарат дозволяє у якості геометричних об'єктів розглядати об'єкти будь якої просторової форми і володіє більшою точністю представлення робота.

Ключові слова – метод найменших квадратів, Ф-функція, годограф вектор функції щільного розміщення, точність представлення робота

Постановка проблеми. Автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС) містять у собі транспорт, що забезпечує переміщення вантажів в автоматичному або автоматизованому режимах. У світовій практиці при організації АТСС найбільш широко застосовують напольні безрейкові автоматичні візки (електророботари) завдяки простоті спорудження транспортних шляхів, оснащенню візків пристроями автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій. Транспортні роботи, наприклад, на автоскладальному заводі фірми VOLVO (Швеція), обладнані піднімальними й підйимально-поворотними столами, висувними штангами для підйому й фіксації на потрібній висоті піддонів із вантажами. Виникає проблема визначення положення певного контейнера на складській площадці за інформацією зі спеціальних датчиків та отримання області можливих переміщень робота серед множини контейнерів.

Проблеми сучасної прикладної геометрії пов'язані з дослідженнями широкого класу кривих ліній і поверхонь, що зводяться до необхідності їх опису в рамках конкретно заданих умов. Існує клас задач, коли криві лінії і поверхні задані в описовій формі, яка важко формалізується. Прикладом є визначення кривої лінії, що сполучає на площині дві задані точки, за умови її проходження між фігурами цієї площини, що не перетинаються.

Науковою темою є розробка способу опису зазначеної лінії залежно від розташування та геометричної форми фігур-перешкод.

Аналіз останніх досліджень. Наведемо огляд алгоритмів розрахунку шляху мобільних роботів серед перешкод. В роботах Е. Селіфонова, А. Тихомирова [1] зазначено, що серед таких алгоритмів популярними є хвильовий алгоритм, алгоритми з елементами евристики, алгоритм пошуку шляхів з умовною назвою «Алгоритм А*», а також алгоритм, що базується на методі віртуальних потенціальних полів[2–4]. Хвильовий алгоритм базується на ідеї формування уявної хвилі зі стартової точки, що поступово заповнює площину, у підсумку доходючи до точки цілі. До переваг хвильового алгоритму відносять простоту реалізації, хоча така перевага досягається не раціонально, адже пошук, замість того, щоб бути спрямованим до цілі, здійснюється рівномірно у всіх напрямках.

Модифікацією хвильового алгоритму є двоххвильовий алгоритм, коли «запускаються» дві хвилі: зі стартової й цільової точок. Алгоритм працює до моменту зустрічі двох хвильових фронтів. На базі цього було створено алгоритм Best-First Search з метою виправити основний недолік попередніх алгоритмів, а саме: ігнорування пріоритетного напрямку до цілі та використання евристичного пошуку.

До недоліків відносять визначення шляхів траси, які вигинаються навколо перешкоди (а не відрізки прямих) і які необхідно інтерпретувати системою керування робота.

Найбільш використовуваним алгоритмом пошуку оптимальних шляхів вважається «Алгоритм А*», який поєднує у собі переваги попередніх алгоритмів і використовує евристики (B-F Search). До його недоліків відносять, по суті, суб'єктивний фактор – робота алгоритму залежить від якості евристичного наближення, яке формулює фахівець; якщо наближення невдале, то спостерігається погіршення роботи алгоритму.

Кращий з перелічених алгоритмів трасування мобільних роботів базується на методі віртуальних потенціальних полів. Тут для навігації використовується мнемонічний прийом віртуальної електростатики, згідно з яким навколишні об'єкти ніби притягують або відштовхують мобільного робота у процесі його руху. При цьому вважається, що точка цілі має деякий заряд «плюс»; фігури-перешкоди і рухома точка-робот мають заряди «мінус»; місця розташування точки цілі й перешкод фіксовані. Тоді, під дією віртуальних електростатичних сил, рухома точка буде відштовхуватися від перешкод і притягуватися до цілі, і, за певних умов, має досягти цілі.

Недоліком перелічених алгоритмів є те, що в якості робота розглядається коло. Розглянемо підхід з більшою точністю представлення робота.

Формулювання цілей статті. Мета публікації полягає у розробці підходу до визначення можливих положень робота згідно аналітичного

опису про положення контейнерів, отриманих за інформацією від системи датчиків.

Основна частина. Оптоелектронна система спостереження за маршрутом робота (візка) складається зі світлових маяків, розташованих у чіткій послідовності на стелі виробничого приміщення, і датчиків на приладах, що установлені на роботі. Під час руху візок орієнтується на світлові маяки, а при точному позиціонуванні – на спеціальні мітки, нанесені на устаткуванні.

Визначення положення вантажного контейнера одержують з використанням інформації з датчиків, розташованих у межах складської площадки.

Сучасною технологією автоматичної ідентифікації контейнерів на складській площадці є радіочастотна ідентифікація (RFID). RFID-системи застосовуються в різноманітних випадках, коли є потреба в оперативному і точному контролі, відстеженні й обліку численних переміщень контейнерів.

В роботі розглядається наступні задачі.

Задача 1. Необхідно розробити спосіб визначення положення певного контейнера на складській площадці за інформацією зі спеціальних датчиків, призначених відстежувати положення контейнерів.

Розглянуто спосіб опису в аналітичному вигляді положення контейнерів на складській площадці за інформацією із системи датчиків (герметичних контактів), які спрацьовують при піднесенні магнітів, розташованих по периметру основи контейнерів.

Вважається, що під асфальтовим покриттям площадки складу на певній глибині герконові датчики розміщені періодично у двох напрямках із кроком, що дорівнює умовній одиниці виміру. Також вважається, що при постановці прямокутної основи контейнера на датчики спрацюють лише ті, які знаходяться безпосередньо біля контура прямокутника. При цьому датчики необхідно закомутувати так, щоб на моніторі комп'ютера оператора з'являлося зображення, відповідне положенню контейнера.

Оберемо на площадці складу прямокутну систему координат Oxy . Тоді положення кожного датчика на площадці визначатиметься двома цілими числами – його номерами по осі Ox і по осі Oy .

В результаті на екрані комп'ютера оператора стануть відомими координати опорних точок (відповідно ті, де «спрацюють» геркони), в околі яких проходить певна сторона прямокутника (рис.1) [1].

Наведено спосіб складання рівняння сторони прямокутника (що в основі контейнера) за інформацією про його сторони, одержаною з датчиків.

Для цього для опису прямих в роботі застосовано метод найменших квадратів. При цьому вхідними даними є набір точок на зображенні, і потрібно знайти параметри прямої, яка щонайкраще наближає цей набір.

Для вирішення задачі достатньо підібрати такий набір параметрів прямої, при яких всі точки зображення були б розташовані до неї максимально близько. Виберемо, наприклад, пряму, що якомога більш точно наближає значення y - координат кожної точки (x_i, y_i) зображення при співпадаючих x - координатах.

Пряма однозначно визначається парою параметрів (a, b) , де a - тангенс кута нахилу прямої, b - відстань до прямої по осі ординат (рівняння прямої у вигляді $y = ax + b$ або, що те ж саме, $y - ax - b = 0$). При цьому різниця y - координат довільної точки зображення (x_i, y_i) і точки прямої з тією ж x - координатою обчислюється за формулою $y_i - ax_i - b$. Таким чином, оптимальні параметри прямої визначаються мінімізацією суми

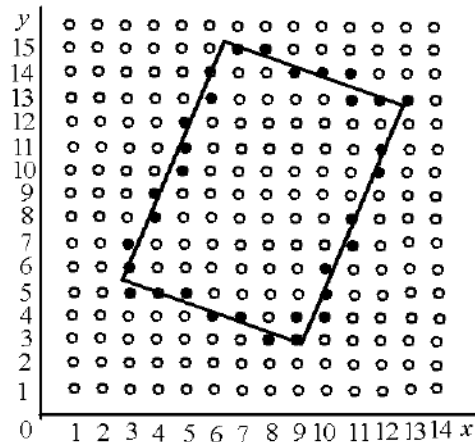


Рис. 1. Система активованих датчиків, що визначають прямокутник

$$\sum_i (y_i - ax_i - b)^2. \quad (1)$$

Перетин чотирьох отриманих прямих утворює чотирихкутник S і він повинен бути прямокутним, тобто при ідентифікації основи контейнера виникає питання, чи є він прямокутником?

Для відповіді на питання в роботі розроблено алгоритм: з деякою точністю будується інтервальний чотирихкутник, якому належить чотирихкутник S ; в межах інтервального чотирихкутника знаходиться пошуковий прямокутник. В алгоритмі точність може змінюватися ітеративно.

Задача 2. Необхідно, використовуючи аналітичний опис про положення контейнерів на площині та проекцію транспортного робота на площину, отримати опис маршруту робота в складському приміщенні в аналітичному вигляді.

На рис.2 наведено схему реального робота.

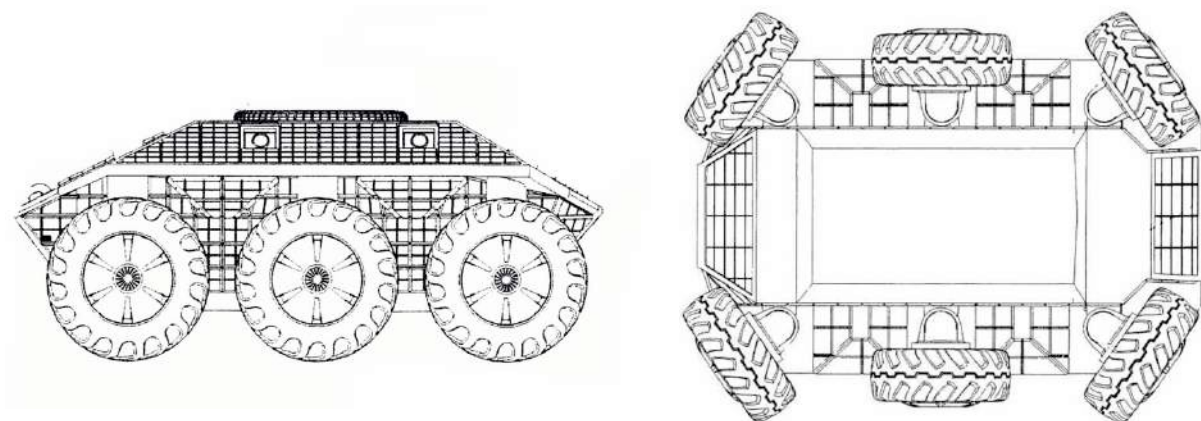


Рис.2 Схема транспортного робота.

Представимо множину контейнерів у вигляді набору об'єктів $S_i(x_i, y_i), i = 1, 2, \dots, n$, проекцію транспортного робота на площину у вигляді об'єкту $S_j(x_j, y_j)$, а складське приміщення у вигляді області S_0 . Розглянемо об'єкт

$$\Gamma_i = S_i \oplus S_j, \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де $\oplus$ – символ операції суми Мінковського.

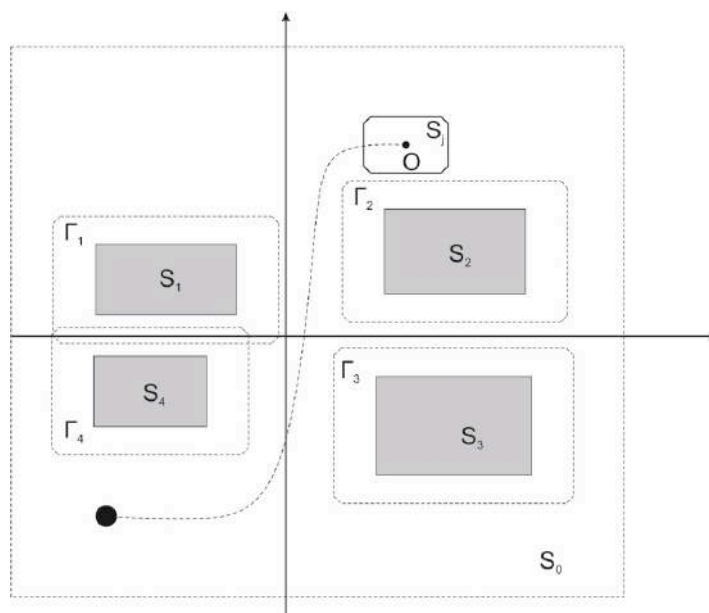


Рис.3 До побудови області можливих положень робота

На рис.3 Γ_i це області що обмежені пунктирними лініями: $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4$. Пунктирні лінії володіють наступними властивостями:

- при суміщенні точки O з будь-якої точкою пунктирної лінії об'єкти торкаються один одного не перетинаючись.
- При розміщенні точки O в середині області Γ_i об'єкти перетинаються;
- При розміщенні точки O поза областю Γ_i , об'єкти не перетинаються.

Використовуючи перелічені властивості побудували область можливих положень транспортного робота (Рис.4).

$$S_0 \setminus \bigcup_{i=1}^n \Gamma_i \quad (3)$$

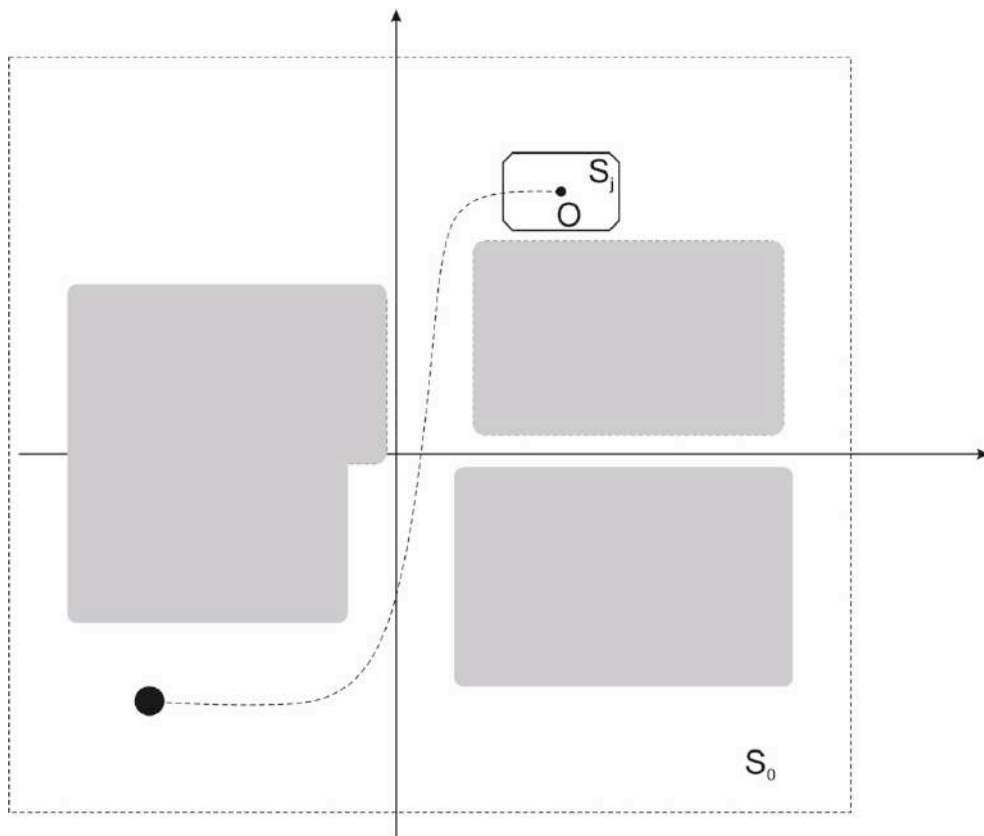


Рис.4 Область можливих положень робота

Якщо між роботом та областями контейнерів необхідно зберегти якусь відстань r отримано вираз для області можливих положень робота

$$S_0 \setminus \bigcup_{i=1}^n \Gamma_i^r, \quad (4)$$

де Γ_i^r - область, що є сумою Мінковського об'єктів S_i^r і S_j^r де S_i^r це об'єкт S_i з евідистантою, проведеною на відстані r

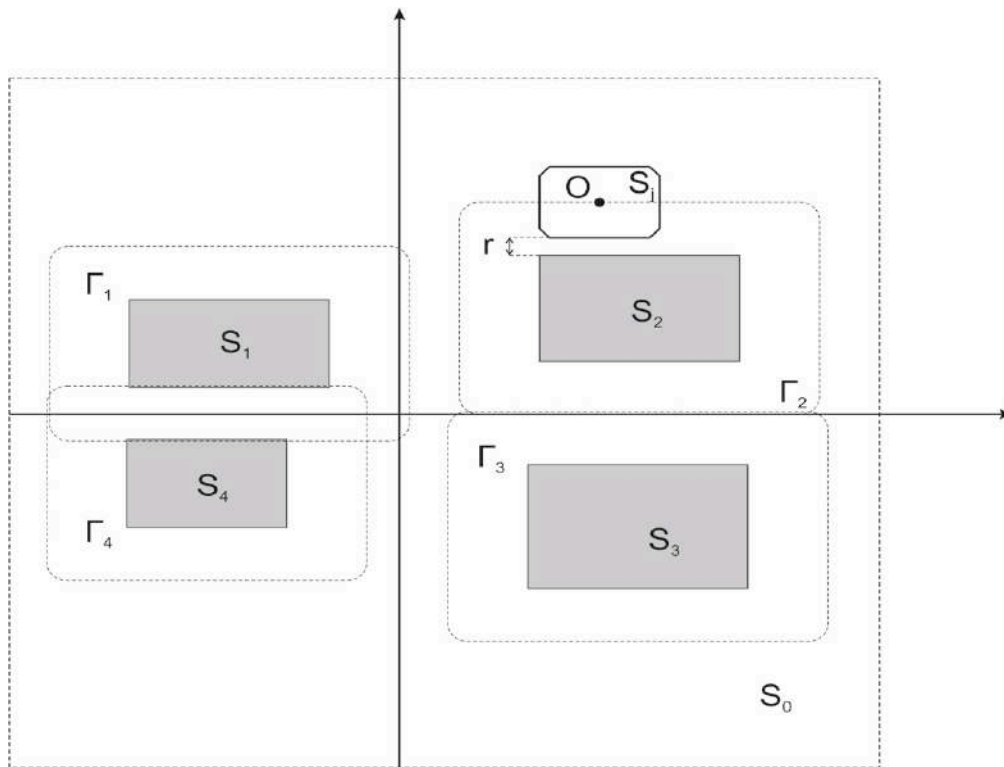


Рис.5 Область возможных положений робота з урахуванням мінімальної відстані

Надалі планується, використовуючи побудовану область можливих положень робота, будувати його оптимальні маршрути згідно різноманітних функцій мети та розглядати роботи більш складної просторової форми.

Бібліографічний список

1. Селифонов Е., Тихомиров А. Path Tracing. <http://rain.ifmo.ru/cat>
2. Платонов А. К., Кирильченко А.А., Колганов М.А. Метод потенциалов в задаче выбора пути: история и перспективы. М.: ИПМ им. М. В. Келдыша, 2001. 32 с.
3. Платонов А. К., Карпов И.И., Кирильченко А.А. Метод потенциалов в задаче прокладки трассы. М.: Препринт Ин-та прикладной математики АН СССР, 1974. №124. 27 с.
4. Морозова Г.В. Геометричне моделювання траєкторії переміщення фігури на площині серед перешкод з використанням R-функцій: дисс. ... канд. техн. наук: 05.01.01. К., 2011. 184 с.

НАНЕСЕННЯ НА КАРТУ МІСЦЕВОСТІ ІЗОМЕТРИЧНОЇ СІТКИ З ВІДПОВІДНИМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ФІГУРАМИ

Несвідомін В.М., д.т.н., професор,¹

Пилипака С.Ф., д.т.н., професор,¹

Несвідоміна О.В., к.т.н.,²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)

²ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» (м. Київ, Україна)

Анотація – у статті розкрито спосіб нанесення на карту місцевості ізометричної сітки з відповідними геометричними фігурами. Актуальність зазначеної задачі обумовлена потребами дискретизації ділянок місцевості площами заданих форм, наприклад, з метою їх розмінування.

Ключові слова – ізометричні сітки, ізотропні криві, квадратні комірки, геометричні фігури, тарпе-програмування.

Постановка проблеми. На рис.1 наведено зображення фрагментів карт місцевостей з характерними об'єктами – автомобільними дорогами, залізничними коліями, берегами річок, кромками лісових насаджень тощо [1]. Необхідно нанести ізометричну сітку на карту місцевості, обмежену заданим криволінійним об'єктом. Або ж потрібно апроксимувати криволінійну ділянку місцевості такими фігурами, як трикутник, квадрат, коло тощо з визначенням їх метричних та позиційних характеристик.

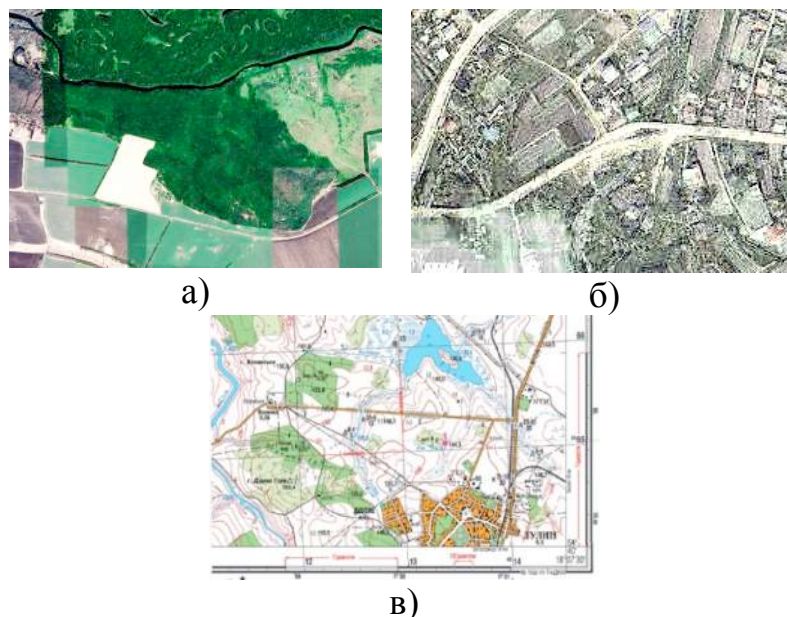


Рис.1. Фрагменти зображень карт

Аналіз останніх досліджень. В праці [3] досліджено значимість ізометричних сіток в задачах прикладної геометрії поверхонь. Формування та використання плоских ізометричних сіток за вихідною напрямною кривою наведено в праці [3].

Формулювання цілей статті. Розкриємо аналітичне, алгоритмічне та програмне забезпечення нанесення на будь-яку карту місцевості заданої двопараметричної множини певних фігур з можливістю визначення їх метричних та позиційних характеристик. Аналіз результатів обчислювальних експериментів здійснимо в СКМ *Maple* [2].

Основна частина. Нанесення ізометричної сітки з відповідними геометричними фігурами здійснюється в наступній послідовності.

Спершу, необхідно мати прямокутний фрагмент карти (рис.1), наприклад, вирізати відповідну місцевість в Google Map [1] з географічними координатами у вершинах діагоналі прямокутника. Достатньо зберегти дане зображення у вигляді графічного файлу, наприклад, у jpg-форматі (рис.2,а).

Загрузимо графічний файл карти місцевості у систему комп'ютерної математики Maple [2].

За допомогою вбудованого оператора *surfdata(image = Img)* візуалізуємо зображення карти з виконанням масштабування в межах 0..1 одиниць (рис.2,б).

Нехай ізометричну сітку потрібно побудувати по обидва боки, наприклад, автомобільної дороги (рис.2,в). Здійснимо зчитування координат (x,y) ламаної вздовж автомобільної дороги, отримаємо:

$$\begin{aligned} X_i &= [0.098, 0.243, 0.348, 0.639] & I \\ Y_i &= [0.225, 0.127, 0.089, 0.025] \end{aligned} \quad (1)$$

Використання інтерполяційного поліному Лагранжа до ламаної (1) призведе до параметричного рівняння виду:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}[0.1 + 0.72t - 1.2t^2 + 1.02t^3, 0.23 - 0.47t + 0.66t^2 - 0.39t^3] \quad (2)$$

Формування ізометричної сітки за параметрично заданою кривою (2) зводиться до задання ізотропної кривої на комплексній площині у вигляді $\mathbf{rc}(t) = [x(t) \pm I y(t), y(t) \mp I x(t)]$ з наступною заміною дійсного аргументу t на комплексний $z = u + v I$ [3, 4].

З отриманого рівняння плоскої сітки на комплексній площині в параметричному вигляді

$$R(u, v) = [x(u + vI) \pm y(u + vI) I, y(u + vI) \mp x(u + vI) I]$$

відокремленням дійсної або ж уявної частин будується плоска ізометрична сітка, характерною властивістю якої є рівність крайніх коефіцієнтів першої квадратичної форми, що дозволяє здійснити побудову сітки з комірками у вигляді квадратів.

Перераховані символічні перетворення здійснюються автоматично в середовищі *Maple* [2] за допомогою відповідно розробленого програмного забезпечення.

На рис.2,г побудовано пряму криву $r(t)$ (2) та плоску ізометричну сітку по обидві боки кривої $r(t)$.

Звернемо увагу на різні розміри квадратних комірок по обидва боки прямої кривої (2).

Зрозуміло, що на криволінійну область не можна нанести квадрати без розривів чи самоперетину. Можна бачити (рис.2,г), що в області дуги кривої із більшою кривиною квадратні комірки згущаються. Тому надана можливість управління місцем положення ізометричної сітки вздовж прямої кривої (2).

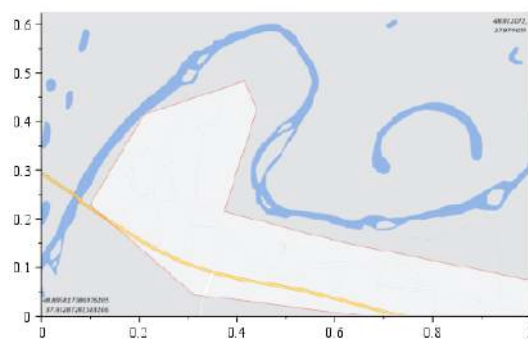
На рис.2,д,є здійснено нанесення ізометричної сітки на меншій ділянці дороги. Характер розподілу комірок вздовж прямої кривої (2) також можна управляти вибором функціональної залежності комплексної змінної. Всі вище розглянуті сітки були побудовані при заміні аргумента t у рівняннях прямої кривої $r(t)$ комплексною змінною $t = z$, де $z = u + v \cdot I$ – комплексне число.

Якщо ж аргумент t у рівняннях кривої $r(t)$ замінити будь-якою іншою функцією $t = f(z)$ – сітка залишиться ізометричною, але форма комірок і характер їх розподілу буде дещо іншим.

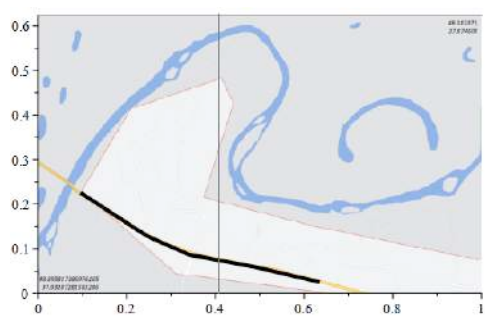
На рис.2,ж,з побудовані ізометричні сітки для прямої кривої (2) при заміні аргумента t на комплексні степеневі функції $f(z) = z^{1.5}$ та $f(z) = z^{0.8}$.



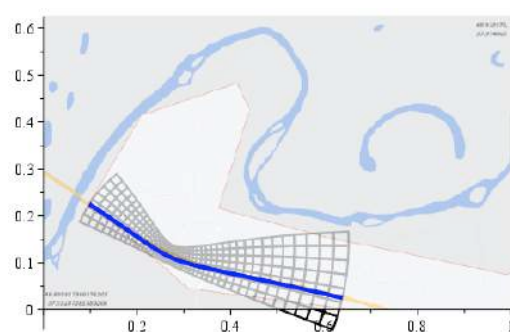
а)



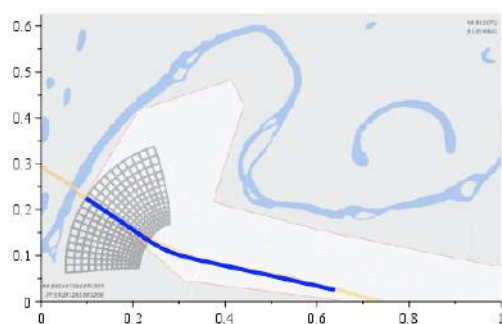
б)



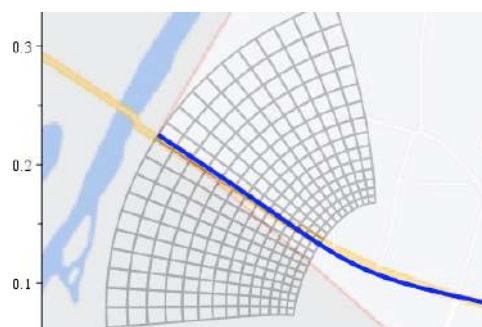
в)



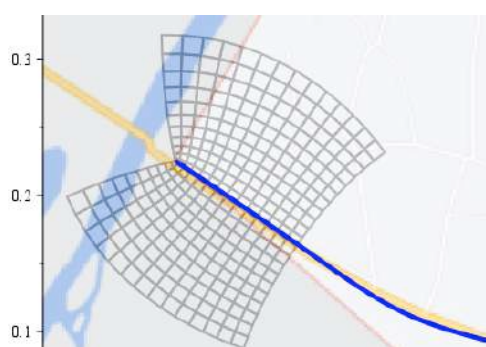
г)



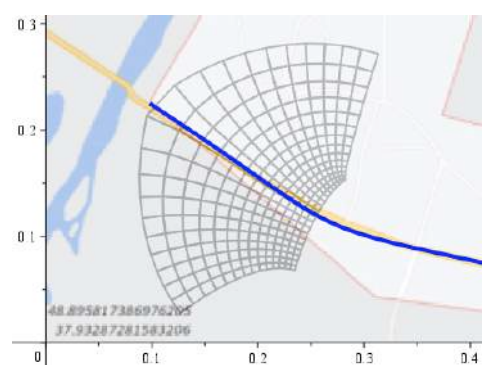
д)



е)



ж)



з)

Рис.2. Управління формою ізометричної сітки вздовж напрямної кривої

Використовуючи особливість ізометричних сіток мати квадратні комірки, можна замістити їх іншими фігурами. Наприклад, на рис.3,а побудовані точки в перетині ортогональних u , v - координатних ліній ізометричної сітки. Розподіл квадратних комірок відносно напрямної лінії може бути здійснений по спіральних лініях (рис.3,б). Тріангуляція ізометричної сітки представлена на рис.3,в. Також можливе вписування кіл в квадратні комірки ізометричної сітки, як показано на рис.3.г.

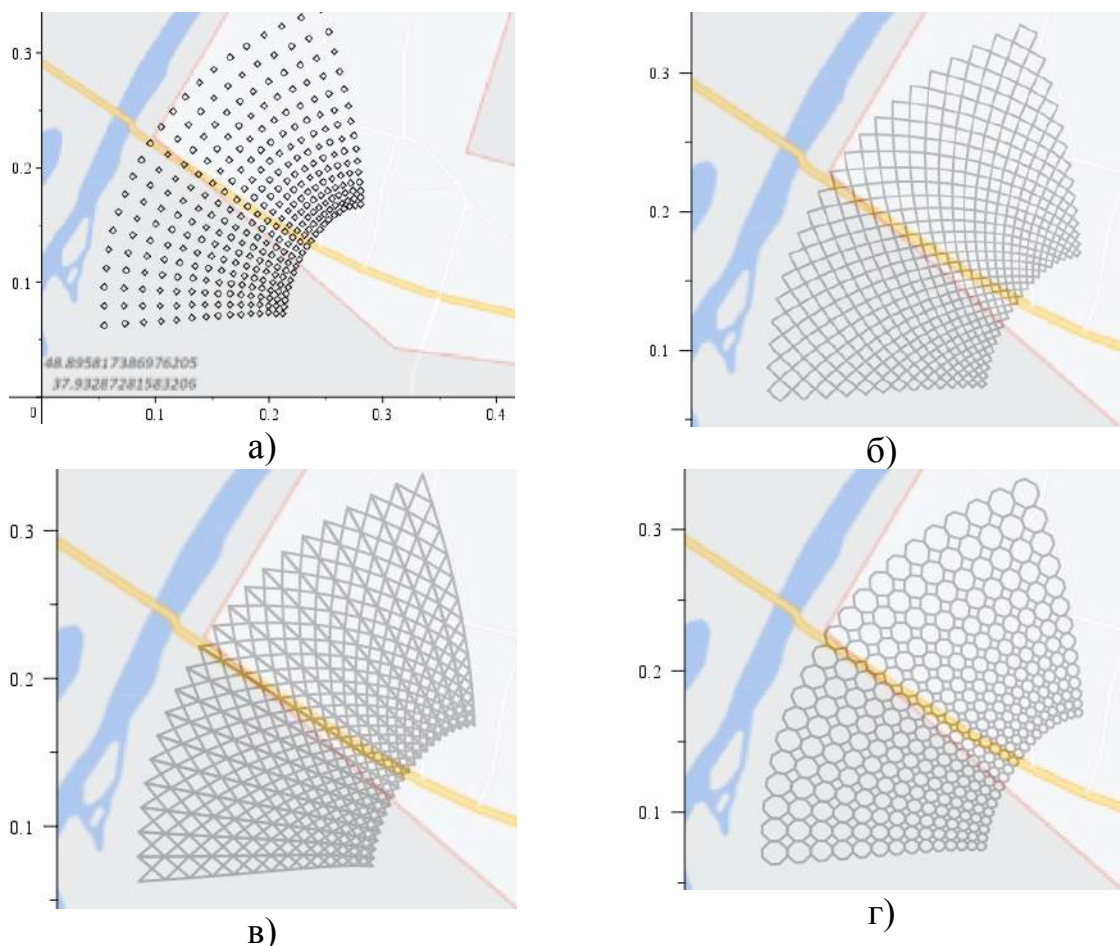


Рис.3. Види фігур вписаних в квадратні комірки ізометричної сітки

При нанесенні ізометричної сітки на карту місцевості виникає необхідність у визначенні її метричних та позиційних характеристик, зокрема, площі покриття. Оскільки для ізометричних сіток коефіцієнти 1-ї квадратичної форми $F = 0$ та $E = G$, то знаходження площі криволінійної області покритою ізометричною сіткою визначається по простій формулі:

$$S = \iint \sqrt{E \cdot G - F^2} \, dudv = \iint E \, dudv. \quad (3)$$

Для визначення положень фігур на місцевості потрібно знати їх географічні координати – широту та довготу. Оскільки сканована карта місцевості масштабується до одиниці, то знаючи ширину і довготу у вершинах діагоналі прямокутника зображення (ри.2,а) обчислення значень ширини і довготи кожної вершини сітки виконується за формулами:

$$\text{Широта}_i = \text{Широта}_1 + y_i(\text{Широта}_2 - \text{Широта}_1), \quad (5)$$

$$\text{Довгота}_i = \text{Довгота}_1 + x_i(\text{Довгота}_2 - \text{Довгота}_1), \quad (4)$$

де: $(\text{Широта}_1, \text{Довгота}_1)$ та $(\text{Широта}_2, \text{Довгота}_2)$ значення ширини та довготи у вершинах діагоналі прямокутника зображення карти;
 (x_i, y_i) – значення u, v -координат вершин ізометричної сітки, які змінюються від 0 до 1.

На рис.4 наведено ще один приклад розбиття місцевості в Підгірцях вздовж берега річки.

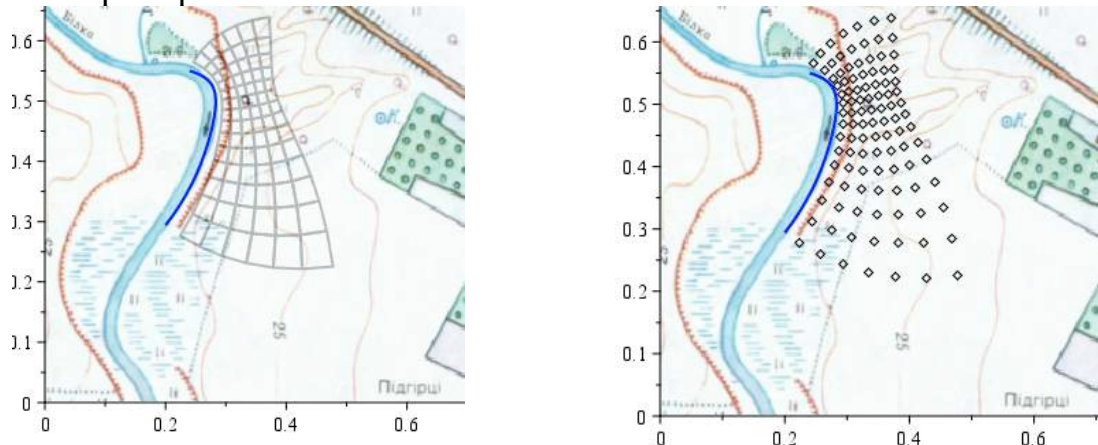


Рис.4. Нанесення ізометричних сіток на карту місцевості в Підгірцях

Висновки. Для розбиття місцевості на окремі елементарні ділянки заданих форм, наприклад, для розмінування, можна скористатися перевагами ізометричних сіток, а саме, багатоваріантністю розподілу квадратних комірок, можливістю отримати потрібні їх метричні та позиційні параметри, зокрема в географічних координатах. Вихідними умовами є зображення карти місцевості, лінія обрису певного об'єкта на карті, форма покриття у вигляді сітки чи заданих фігур, їх кількісні характеристики.

Бібліографічний список

1. Google карти. URL: <https://www.google.com/maps>.
2. Аладьев В.З. Программирование и разработка приложений в Maple / В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба. - Гродно-Таллин. 2007. 458 с. #Text
3. Несвідоміна О.В. Ізометричні сітки в задачах прикладної геометрії поверхонь: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01 / Київський національний університету будівництва і архітектури, Київ, КНУБА. 2921. 25 с. #Text
4. Несвідоміна О.В. Побудова плоских ізометричних сіток за наперед заданими плоскими кривими // Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон, 2017. Вип. 3(62). Том 2. С.298-302. #Text.

ДО ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ: ЧИТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ

Юрчук В.П., д.т.н., проф.,
Баскова Г.В., ст. викладач,
Грубич М.В., асистент,
Чижов Д.А., студент

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(Україна, м. Київ)*

Анотація: Розглядається питання використання геометричного моделювання в процесі навчання студентів курсу «Нарисна геометрія» та «Інженерна графіка» як одного з ефективних навчальних інструментів розвитку просторового моделювання для студента.

Ключові слова: Аксонометричне зображення, програмований контроль, ланка, просторова лінія, проекція, модель, геометричний об'єкт, грані, ребра, паралелепіпед.

Постановка проблеми. Вивчення курсу «Нарисна геометрія» та «Інженерна графіка» є неможливим без розвитку просторової уяви студента технічного ВУЗу. Частиною розв'язання цієї проблеми є побудова аксонометричної моделі фігури, для чого найчастіше використовується прямокутна ізометрія. Зазвичай, креслення в таких випадках виконуються з використанням інструментів, але сучасні програмні засоби дозволяють виконувати автоматичну побудову цілого ряду геометричних об'єктів та використовувати її для подальшого використання.

Формулювання цілей статті. В умові завдання необхідно виконати аксонометричне зображення геометричної моделі при умові, що задано дві або три ортогональних проекції. Необхідно розбити складну просторову модель на простіші ланки, зробити їх цифрове позначення та побудувати прямокутну ізометрію деталі. Другим етапом завдання є розвиток у студентів просторового мислення, для чого у подальшому конструюванні проводимо виконання із м'якої проволоки діаметром 3-5 мм натуральної просторової моделі деталі, [2-3].

Основна частина. Розбиваємо завдання на наступні етапи:

1. Попередньо геометрично прочитуємо просторову модель, тобто вивчаємо початок і кінець кожної ланки та положення її відносно ортогональних площин проекцій;

2. Розміщуємо геометричну модель деталі в просторовому паралелепіпеді, а не в кубі, який може рівністю ребер ускладнити читання деталі. Досить часто можна використати симетричну розбивку моделі, яка значно спростить побудову;
3. Наступним етапом є позначення початку і кінця кожної ланки геометричних фігур цифрами. Необхідно також слідкувати, щоб кожна ланка моделі належала відповідній грані чи ребру паралелепіпеда;
4. Виконуємо креслення аксонометричної моделі деталі (прямокутну ізометрію), використовуючи цифрове позначення в характерних точках;
5. Будуємо просторову натуральну модель деталі. При цьому можна вести побудову в певному масштабі, що значно розширить теоретичні знання з цієї теми.

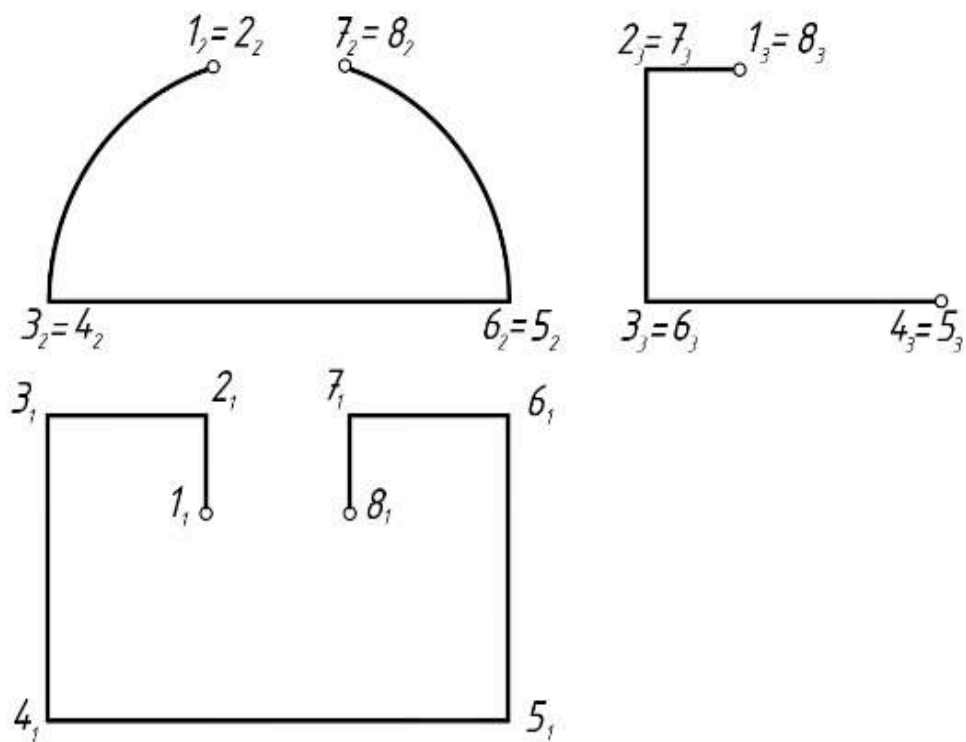


Рис.1. Ортогональна модель завдання

Вирішення даного завдання буде сприяти читанню креслень та побудові геометричних образів, які будуть моделюватись ділянками відрізків, дуг та інших елементів різної орієнтації в просторі. Отримані при цьому знання та вміння будуть корисними для майбутніх інженерів-конструкторів, будівельників, конструкторів трубопроводів, електричних схем та ін.

Побудову аксонометричної моделі проводимо за наведеним алгоритмом, враховуючи орієнтацію даних конструктивних елементів у просторовому паралелепіпеді (Рис. 2).

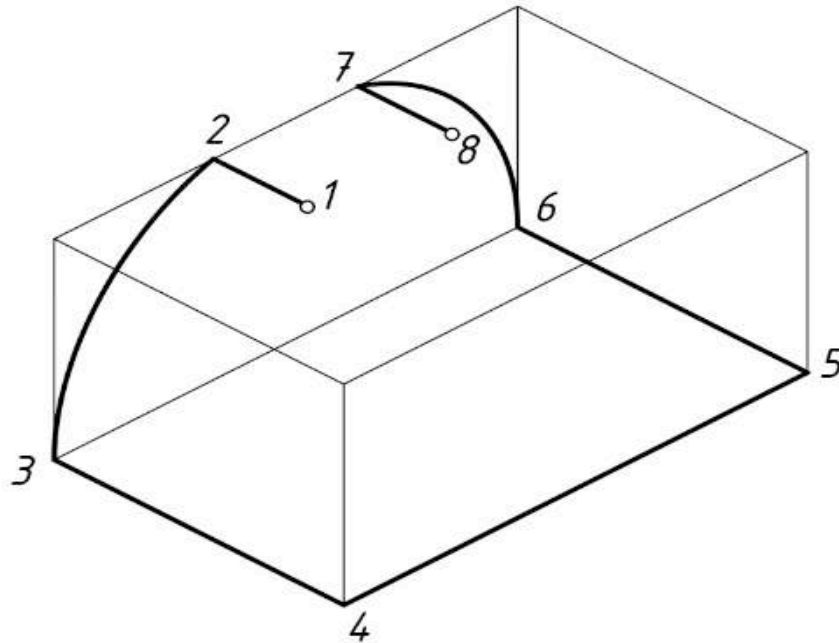


Рис. 2. Аксонометричне зображення моделі

Виконуючи перші пункти побудови бачимо, що просторова модель складається із наступних геометричних елементів: - ділянка (1-2) є фронтально-проекціувальна пряма; - ділянка (2-3) є частина кола, розміщеного у фронтальній площині рівня;- ділянка (3-4) також є фронтально-проекціувальна пряма; - ділянка (5-6-7-8) розміщена симетрично відносно попередньої просторової ділянки.

Позначивши характерні точки побудови, слід попередньо прочитати креслення та розмістити задану модель у просторовому паралелепіпеді. Тобто послідовно уявивши собі положення кожної ділянки заданої лінії у просторі.

При цьому необхідно пам'ятати, що в тому випадку, коли ділянка просторової лінії належить грані, або ребру паралелепіпеда, то її проекції також будуть належати однойменним проекціям цієї грані або ребра.

Дротову модель просторової лінії допускається виготовляти вручну без інструменту, витримуючи на око пропорції між окремими її ланками. Отримані при цьому заокруглення в місцях перегину дроту, а також деякі відхилення від розмірів довжин відрізків і кривизни дуг, не вплинуть на наочність моделі, але прискорять процес її виготовлення.

Після виготовлення моделі корисно зіставити її із заданими проекціями. При цьому, раціональним є відпрацювання теми масштабування, яка дозволяє порівняти величину заданої і отриманої моделі [4].

Висновки:

1. Загальновідомим є зображення просторової моделі як прямокутної проекції на комплексному рисунку. Таке зображення дає можливість точного зображення тривимірних об'єктів.
2. Важливим недоліком цих зображень є їх недостатня наочність, оскільки один із трьох вимірів відсутній.
3. Інженеру необхідно мати розвинену просторову уяву та практичний досвід побудови таких зображень на комплексному рисунку.
4. Тому для полегшення просторового сприйняття, особливо складних деталей, читання їх геометричних моделей, їх часто необхідно супроводжувати зображеннями в аксонометрії [5].

Бібліографічний список

1. ДСТУ, БА.2.4-4-95 (ГОСТ 21.101-93), СПДБ. Основні вимоги до робочої документації. – К.: Держкоммістобудування України, 1996.
 2. Михайленко В.Є., Найдиш В.М., Підкоритов А.М., Скидан І.А. Інженерна та комп'ютерна графіка: 2-ге вид.- К.: Вища школа, 2001. – 352 с.
 3. Хаскін А.М. Креслення. – Вища школа, 1976. – 457 с.
 4. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна графіка: підручник для студентів вищих закладів освіти. – Львів, «Новий Світ -2000», 2002. – 336 с.
- Ковальов Ю.М. Основи геометричного моделювання. Навчальний посібник.- К.: Вища школа, 2003. - 232 с.

ПОБУДОВА ПОЛОЖЕННЯ ТОЧОК З ВІД'ЄМНИМИ КООРДИНАТАМИ У ЛІВОМУ І ПРАВОВОМУ НАПІВПРОСТОРАХ

Юрчук В.П., д.т.н., проф.,

Баскова Г.В., ст. викл.,

Макаренко М.Г. к.т.н., доц.,

Бабіков Д.О., студент

Національний Технічний Університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Ключові слова - комплексні координати точки, епюр Гаспара Монжа, побудова точки в просторі, повний простір, лінії зв'язку, обернена побудова, точки з від'ємними координатами, октанти розміщення точок.

Анотація - Завжди, при проведенні перших лекцій, студенти цікавляться як будувати точки в різних октантах, коли виникають запитання відносно від'ємних координат. Тому досить цікавим є методологія побудови даних точок, оскільки вона сприяє розвитку просторової уяви студентів та становленню їх як науковців. Ще більше розвивається просторова уява, коли студент розглядує повний простір.

Постановка проблеми - В літературі, якщо зустрічається вказана побудова, то дуже у скороченому, тобто спрощеному виді. Майже не зустрічається у сучасній літературі така побудова точок у повному просторі. Побудова точки з від'ємною координатою z зустрічається, а з координатами x та y в методичній літературі зустрічається дуже рідко.

Аналіз останніх досліджень - побудова точки з від'ємними координатами є досить складною, оскільки пов'язана з тим, що координата y на епюрі Гаспара Монжа **розрізається** на дві інших осі x та u , тобто стає на них від'ємною. А комплексна побудова точок з від'ємними координатами у повному просторі, тобто у всіх октантах, не зустрічається у самих відомих книгах з нарисної геометрії чи інженерної графіки [1].

Алгоритм побудови точок міститься в наступному:

1. Перед початком побудови потрібно позначити на епюрі Монжа від'ємні значення координат точок простору на всіх позитивних напрямках координатних осей, а саме: $x(-y)$; $+y_1 (-z)$; $+y_2 (-x)$; $+z(-y)$;
2. Далі побудову будемо проводити від найпростіших позитивних координат до від'ємних. Також побудову будемо проводити проти годинникової стрілки, тобто від I до IV октантів;

3. Проаналізувавши положення точок на координатних площинах, можна зробити важливий висновок, що лише осі x та z не змінюють свого положення, оскільки не **розрізаються** на епюрі Монжа.
4. Звідси зразу ж слідує, що за цими координатами завжди можна зробити побудову точки на **фронтальній** площині проєкцій Π_2 - точки A_2 .

Так для демонстрації графічної побудови положення точок візьмемо одну і ту ж точку $A(15;20;25)$, але з різними знаками. При цьому, з метою спрощення, позначати будемо лише знаки, (знак $+$ чи знак $-$) оскільки величини координат залишимо незмінними, (Рис. 1).

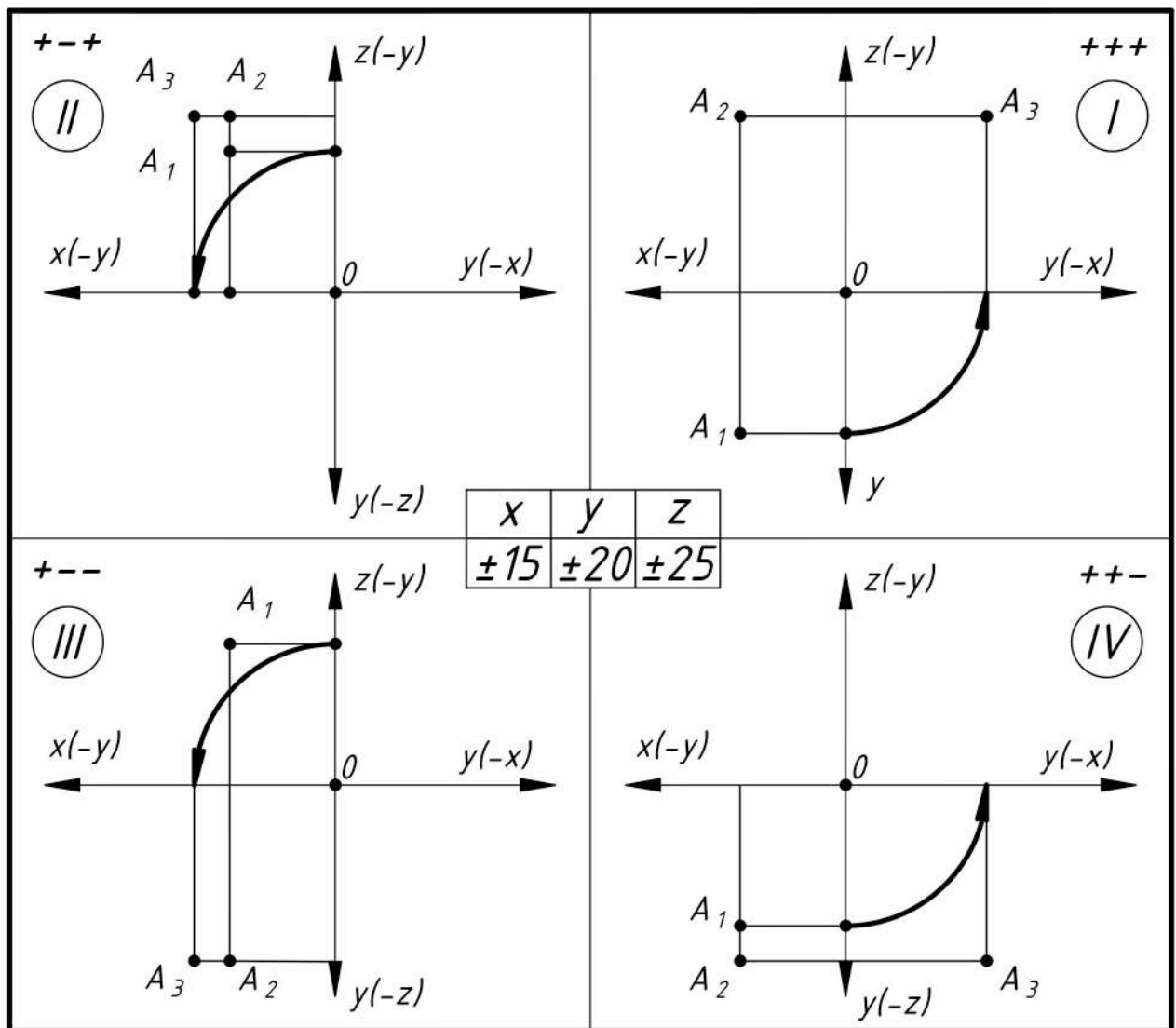


Рис.1. Побудова точок у лівому напівпросторі

Тоді у I октанті точку $A(+,+,+)$ досить просто побудувати, можна навіть почати з горизонтальної проєкції на Π_1 .

А от при побудові точки у II октанті $A(+,-,+)$ необхідно відкладати координату $-y$, яка збігається за напрямком з горизонтальною лінією зв'язку координати z . Тобто ми отримуємо дві горизонтальні лінії, а самої точки A_3 знайти не зможемо, оскільки ці лінії паралельні між собою. Ось тут нам необхідно робити дію, яка обернена епюру Гаспара Монжа, тобто **з'єднати вісь y** , перенісши відповідну координату $-y$ на вісь x , (Рис.1).

Тоді вертикальна лінія зв'язку (координата $-y$) та горизонтальна лінія зв'язку (координата z) визначають положення точки A_3 . Таке перенесення, як і на епюрі Гаспара Монжа, зробимо проекційним методом, який наглядно демонструє перенесення координати y , використавши для початкової побудови потовщену лінію, [2-4].

Цікавою також виявилась побудова положення точки в III октанті з координатами $(+,-,-)$, тобто від'ємними координатами $-y$ та $-z$. Ця побудова міститься в наступному: 1) Як відмічено раніше, спочатку будуємо проекцію A_2 за координатою $+x$ та від'ємною координатою $-z$ (Рис. 1); 2) Після цього будуємо проекцію A_1 за двома від'ємними координатами $-y$ та $-z$; 3) Далі закінчуємо побудову проекцією A_3 .

Продовжимо побудову проекції точки у IV октанті з параметрами $(+,+,-)$

1. Будуємо проекцію точки на Π_2 , яка, як було сказано раніше, на епюрі Монжа є базовою, тому що не змінює свого положення: це будуть координати $(+x)$ та $(-z)$; Для чого проводимо вертикальну та горизонтальну лінії зв'язку і будуємо проекцію $A_2 (+x;-z)$;
2. А от при побудові профільної проекції точки (A_3) на площині Π_3 , координати точки y та $-z$ лежать на одній лінії зв'язку та є паралельними між собою, тому необхідно знову **з'єднувати** їх між собою, тобто проекційним методом переходити на іншу вісь - $A_3 (+y;-z)$;
3. Далі будуємо горизонтальну проекцію точки A_1 .

Тоді алгоритм побудови точок з від'ємними координатами міститься в наступному:

1. Будуємо фронтальну проекцію заданої точки A_2 за координатами x та z , які не змінюють свого положення, тобто умовно **не розрізаються** і завжди можуть бути побудовані як початкові;
2. А для побудови двох інших проекцій A_1 та A_3 **з'єднуємо вісь y** , тобто з координат $(y;-x)$ **переносимо** координату y на профільну проекцію, виконуючи дію, яка обернена епюру Монжа;
3. **Переносимо** координату $x(-y)$ на $z(-y)$, що містить значну складність цієї методики, і яку бажано, для наглядності, переносити проекційним методом;
4. **Проводимо** горизонтальну лінію зв'язку яка, перетинаючись з вертикальною лінією зв'язку, визначає положення проекції точки на профільній площині проекцій $A_3 (-y;-z)$.

Самою цікавою стала побудова положення точки з від'ємною координатою y , яка на епюрі Монжа присутня на всіх осях, оскільки збігається з віссю x на Π_1 та z на Π_3 : $+x (-y)$; $+z (-y)$;

Побудова точки з від'ємною координатою y : $A(x; -y; z)$

- 1) **Будуємо** фронтальну проекцію $A_2(x; z)$, а проекцію $A_3(x; -y)$ не можемо знайти, оскільки від'ємна координата y створює вертикальну лінію зв'язку, яка паралельна вертикальній лінії зв'язку $A_2 A_1$;
- 2) **Будуємо** профільну проекцію $A_3(-y; z)$, за допомогою від'ємної координати $(-y)$, будуючи вертикальну лінію зв'язку $A_3(-y; z)$.

Алгоритм побудови проекцій точок у I та IV октантах міститься в наступному:

- а) Якщо координата $(+y)$ - додатна, то проекційним методом будуються проекції просторових точок $A_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3$, (хоча в цьому випадку можна будувати за відомим алгоритмом $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3$);
- б) А якщо координата $(-y)$ має від'ємне значення то, відповідно, будуються проекції точок $A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$;

Аналогічна побудова проводиться у правому напівпросторі, де координата x має постійне від'ємне значення. Побудова даних точок приводиться на рис.2.

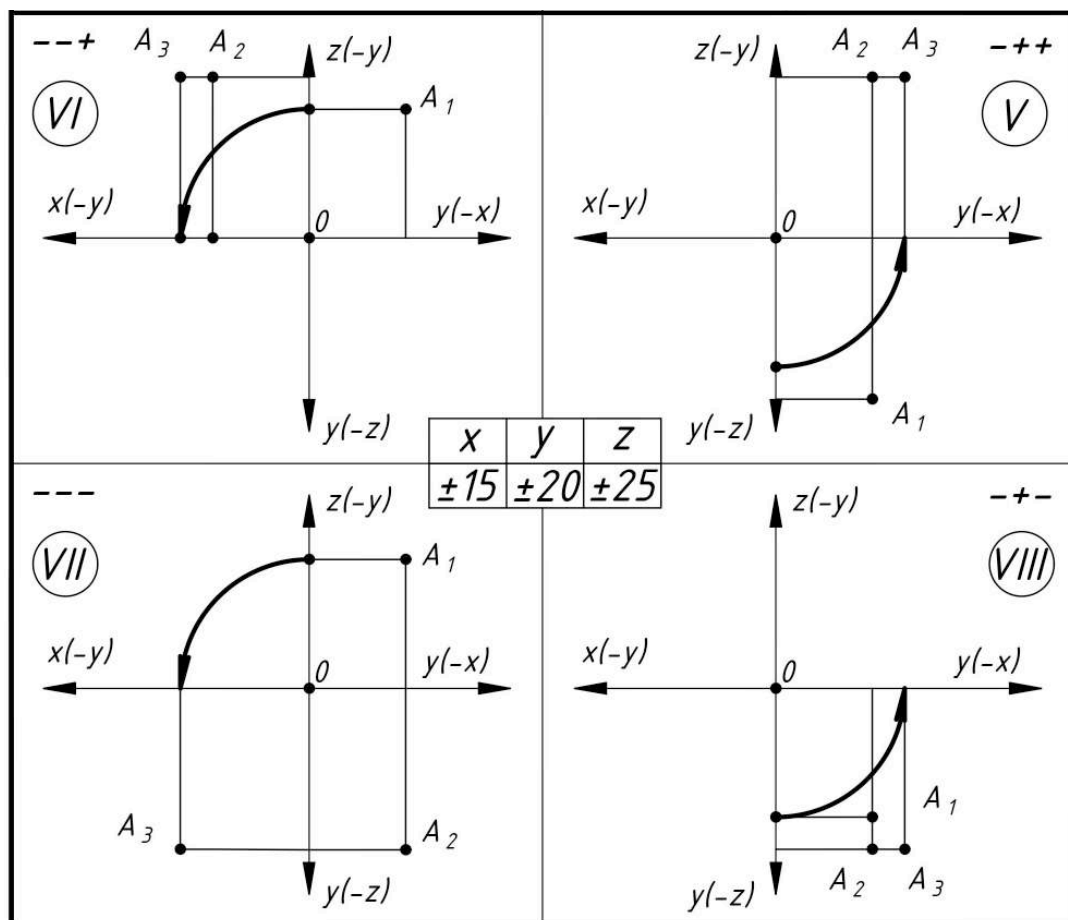


Рис.2. Побудова точок у правому напівпросторі

Висновки

- 1) Складність всієї побудови точок з від'ємними координатами міститься в побудові координати $(-y)$, оскільки вісь y , відповідно до епюра Гаспара Монжа, розділяється у просторі на два різних напрямки: $x(-y)$ та перпендикулярний до нього напрямок $z(-y)$;
- 2) Координату $(-y)$ на осі $x(-y)$ бажано будувати проекційним методом, що наглядно демонструється потовщеною лінією на рис.1 та рис. 2.

Бібліографічний список

1. Антонов Е. К., Комплексный чертеж в судостроении [Текст]: учебное пособие: в 2 ч. / Е. К. Антонов. – Николаев : НКИ, 1988. Ч. 1. – 86 с.; 1989. Ч. 2.- 84 с.
2. Борисенко В.Д. Нарисна геометрія [Текст]: навчальний посібник / В. Д. Борисенко, О. Г. Бідніченко, В. Ю. Кремсал. – Миколаїв: Дизайн і поліграфія, 2007. – 192 с.
3. Бубенников А. В. Начертательная геометрия [Текст] / А. В. Бубенников. – М. : Высшая школа , 1985. – 288 с.
4. Інженерна та комп'ютерна графіка [Текст] : підручник / В.Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І.А. Скидан ; за ред.. В. Є. Михайленка. – 3-тє вид.; перероб. – К. : Слово, 2011 . – 352 с.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОНЖЕРОНІВ КРИЛА, ДЕФОРМОВАНОГО ПІД ДІЄЮ ВЛАСНОЇ ВАГИ

Незенко А.Й., к.т.н.¹

Козлов С.О., аспірант²

¹Державне підприємство «АНТОНОВ» (м. Київ, Україна)

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)

Анотація - у статті запропоновано методику визначення фактичних геометричних параметрів лонжеронів крила, як складової цифрового двійника літака. Застосування концепції цифрового двійника вважається одним з найбільш перспективних напрямків вдосконалення процесів розроблення та виготовлення авіаційної техніки в найближчому майбутньому. Важливою задачею при створенні цифрового двійника готового виробу є визначення його фактичних параметрів. Врахування цих параметрів дозволяє відтворити фактичний стан виробу з урахуванням впливу усіх факторів та фізичних процесів, які виникають при виготовленні літака та при його експлуатації. Значна частина фактичних параметрів, необхідних для створення цифрового двійника, є унікальною і притаманною лише певному типу виробів, тому створення цифрового двійника є складним унікальним процесом та потребує систематизації параметрів та розробки відповідних методів та підходів їх визначення.

Актуальність зазначеного питання обумовлена необхідністю постійного підвищення якості продукції, скорочення строків виводу її на ринки, вдосконалення процесів розроблення, виготовлення та експлуатації складних технічних виробів в умовах жорсткої конкуренції. Окреслені в статті питання становлять інтерес для подальших досліджень та є перспективними для підвищення якості складних технічних виробів.

Ключові слова - цифровий двійник, літак, геометричні параметри, вузлові точки, лонжерон крила.

² Науковий керівник Ванін В.В., д.т.н., професор

Постановка проблеми. Створення цифрового двійника літака потребує великої кількості вхідних параметрів. Ці параметри можуть бути як розрахунковими, так і отримані дослідним шляхом. Використання лише розрахункових параметрів не є достатнім, так як в даному випадку не завжди можна спрогнозувати вплив усіх факторів, що виникають у процесах виготовлення та експлуатації кожної одиниці виробу та суттєво впливають на його фактичні характеристики. Отримання фактичних параметрів дослідним шляхом є довготривалим та витратним. Тому існує необхідність у розробці методів та підходів, які дозволять мінімізувати витрати часу на дослідження параметрів виготовленої продукції за рахунок автоматизації процесів визначення її фактичних параметрів.

Аналіз останніх досліджень. Історія виникнення та формування концепції цифрового двійника, а також класифікація типів цифрових двійників детально описані в [1, 2]. В 2014 році М. Грівс в [3] запропонував детальний опис цифрового двійника і дана концепція була прийнята до використання багатьма сучасними науковими та промисловими компаніями. В [4] наведено приклади реалізації концепції цифрового двійника в різних галузях діяльності. Перспективи застосування цифрового двійника готового виробу в різних сферах виробництва викладено в [5]. Основні принципи та приклади визначення геометричних параметрів готового виробу на прикладі літака розглянуто у [6, 7].

Мета дослідження. Визначення закономірності зміни геометричних параметрів крила під дією власної ваги після встановлення на літак.

Основна частина. Запропонований спосіб визначення фактичних геометричних параметрів крила, деформованого під дією власної ваги після встановлення його на літак, базується на попередньому дослідженні змін геометричних параметрів дослідних зразків даного типу крила та виявленні закономірностей його деформацій при різних умовах навантаження. В подальшому виявлені закономірності застосовуються при формуванні фактичних моделей наступних (серійних) виготовлених одиниць крила. В такому разі для визначення фактичних геометричних параметрів серійних виробів необхідно виконати лише заміри координат ключових точок (наприклад реперних) та на їх основі розраховувати решту параметрів агрегату.

При дослідженні деформацій крила під дією власної ваги важливою складовою є визначення геометричних параметрів ізолюваного (не встановленого на літак) агрегату у недеформованому, під дією власної ваги, стані. Остаточо складений, ізолюваний агрегат має свої геометричні особливості, відмінні від проектних, що необхідно врахувати при моделюванні вже деформованого після встановлення на літак агрегату. Визначення фактичних геометричних параметрів крила пропонується виконувати шляхом замірів координат точок, які розташовані на перетині площин нервюр та лонжеронів з зовнішньою поверхнею крила.

В даній статті розглянемо повздовжню деформацію консолі крила як результат деформації основних повздовжніх конструктивних елементів – лонжеронів.

Етапи дослідження:

1 Визначення координат Y_{Hdi} вузлових точок каркасу недеформованої консолі (до стикування з фюзеляжем).

Вузловою точкою вважатимемо точку перетину трьох елементів: площини нервюри крила, площини лонжерону крила та зовнішньої поверхні крила. В площині кожної нервюри маємо по чотири вузлові точки (рис.1)

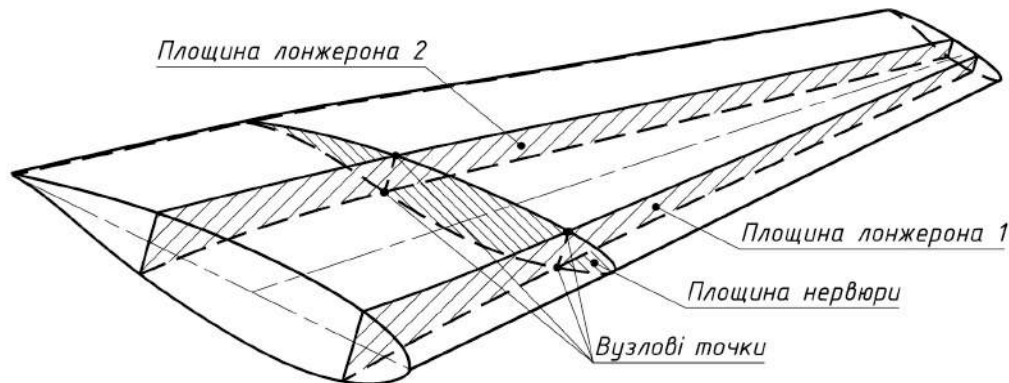


Рис.1 Вузлові точки крила

Координату Y_{Hdi} вузлової точки визначаємо за формулою:

$$Y_{Hdi} = Y_{Ti} + \Delta Y_{Bi}, \quad (1)$$

де Y_{Ti} – теоретичне значення координати (за моделлю майстер-геометрії), ΔY_{Bi} – відхилення фактичного значення координати від теоретичного (даний параметр визначається при обмірах виготовленої, недеформованої під дією власної ваги, консолі – рис.2)



Рис.2 Розташування фактичних вузлових точок виготовленого ізольованого крила у недеформованому стані

2 Визначення координат Y_{di} вузлових точок каркасу деформованої консолі (після стикування з фюзеляжем).

Дані параметри визначаються шляхом обміру деформованої під дією власної ваги консолі крила після встановлення її на літак.

3 Визначення зміщень вузлових точок консолі по координаті «Y» під дією власної ваги.

На рис.3 показано зміщення вузлових точок по верхньому та нижньому контурах крила від деформації.

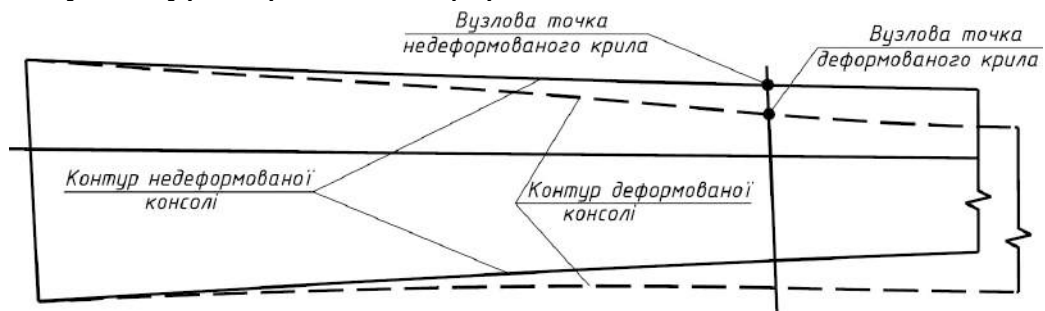


Рис.3 Розташування фактичних вузлових точок крила, встановленого на літак, у деформованому стані

Зміщення вузлових точок визначаємо за формулою:

$$\Delta Y_i = Y_{Hdi} - Y_{Di}, \quad (2)$$

де Y_{Hdi} – координата «Y» недеформованої консолі, Y_{Di} – координата «Y» деформованої консолі.

4 Визначення коефіцієнта повздовжньої деформації лонжерона.

У зв'язку з тим, що жорсткість конструкції крила в повздовжньому напрямку зменшується не лінійно, для визначення коефіцієнтів відносної повздовжньої деформації K для кожної вузлової точки пропонується використовувати наступну формулу:

$$K = \Delta Y_i / \Delta Y_{max}, \quad (3)$$

де ΔY_{max} – максимальне значення зміщення вузлової точки (найбільш віддаленої від площини симетрії літака)

Коефіцієнти повздовжньої деформації в кожній вузловій точці використовується при подальшому дослідженні зміни геометричних параметрів крила літака і дозволяють розраховувати повздовжню деформацію крила лише на основі замірів реперних точок при нівелюванні літака.

5 У зв'язку з тим, що вузлові точки розташовані на поверхні крила вздовж лонжеронів не з рівномірним кроком, визначимо залежність повздовжньої деформації консолі від віддаленості вузлової точки крила від площини симетрії літака. Для цього введемо коефіцієнт деформації вздовж розмаху крила k . Як варіант, пропонується використовувати коефіцієнт деформації на кожний метр вздовж розмаху, який визначаємо за формулою:

$$k = (\Delta Y_i * 1000) / Z_i, \quad (4)$$

де Z_i – відстань вздовж осі жорсткості від початку осі до площини, яка перпендикулярна осі жорсткості та проходить через відповідну вузлову точку. (рис 4)

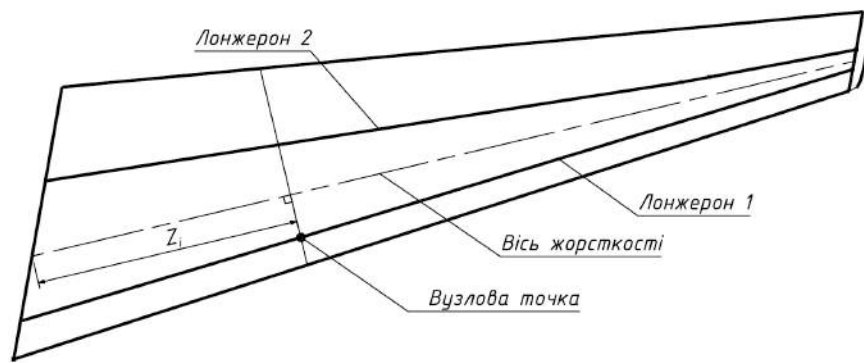


Рис.4 Розташування вузлових точок вздовж осі жорсткості крила

Висновки. Описаний в даній статті підхід є складовою загальної методики визначення геометричних параметрів літака, як після виготовлення, так і впродовж його експлуатації та дозволяє отримати актуальну інформацію про фактичний стан геометрії крила в різних умовах навантаження (стоянкова, польотна конфігурації з різним об'ємом завантаження) дослідно-розрахунковим шляхом та значно зменшує об'єми та терміни досліджень, необхідних для створення цифрового двійника.

Література

- 1 *Grieves M., Vickers J.* Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Cham: Springer, 2017. P. 85-113.
- 2 *Царев М.В., Андреев Ю.С.* Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования. Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
- 3 *Grieves M.* Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication: White Paper.
- 4 *Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.* Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Trans. on Industrial Informatics*, 2019. Vol. 15. P. 2405—2415.
- 5 *Zhuang C. B., Liu J. H., Xiong H., Ding X. Y., Liu S. L., Weng G.* Connotation, architecture and trends of product digital twin // *Computer Integrated Manufacturing Systems*. 2017. Vol. 23, N 4. P. 53—768.
- 6 *Ванін В.В., Незенко А.Й., Козлов С.О.* Підхід до формування геометричних моделей цифрового двійника на стадії виробництва / Сучасні проблеми моделювання. Мелітополь: МДПУ імені Богдана Хмельницького, 2021. Вип.20
- 7 *Козлов С.О.* Спосіб визначення фактичних кутів встановлення перерізів крила літака на етапах виробництва / Збірник доповідей IX-ї всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених. Київ: 2020.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СІВБИ ЗЕРНОВИХ ВІДПОВІДНО ДО ТЕХНОЛОГІЇ *NO-TILL*

Ванін В.В., д. т. н., проф.,¹

Волоха М.П., д. т. н., ст.н.с.,²

Юрчук В.П., д. т. н., проф.,²

Болдирєва Л.В., ст. н. с.²

¹НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»,

(м. Київ, Україна)

²Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

(м. Київ, Україна)

Анотація – запропоновано технологічну схему комбінованого сошника для прямої сівби зернових за системою нульового обробітку ґрунту, заснованою на відмові від оранки. Розглянуто аналітично процес деформації і рихлення поверхневого шару ґрунту та створення борозни комбінованим сошником.

Ключові слова: нульовий обробіток ґрунту, сівалка, сошник, стрільчаста лапа, пряма сівба, зона деформації і розпушування ґрунту, кут тертя ґрунту по сталі.

Постановка проблеми. Обов'язковим елементом нульових технологій обробітку, які впродовж останніх років все ширше впроваджуються в Україні, є застосування органічної мульчі або стерні рослин, що сприяє збереженню вологи і запобігає процесам водної та вітрової ерозії.

Сучасна система землеробства *No-Till* (англ: «не орати») передбачає висів насіння безпосередньо у необроблений після збирання попередньої культури ґрунт шляхом нарізання сошником сівалки борозни заданої ширини і достатньої для загортання насінини глибини. Будь-які інші види передпосівного обробітку ґрунту не застосовуються, тобто основним технічним засобом є сівалка. Вочевидь, за таких жорстких умов роботи складно дотриматись нормативів агротехнічних вимог щодо рівномірності розміщення насіння за глибиною і вздовж борозни, адже посилюються забивання робочих органів сівалки, і відповідно до цього підвищується її тяговий опір.

Аналіз останніх досліджень. Найголовнішими факторами для визначення продуктивності та якості роботи сівалки за прямої сівби є властивості ґрунту (тип, вологість, наявність пожнивних решток і

взаємодія умов, створених відповідно ґрунтом та пожнивними рештками) [1].

Додаткову протидію робочим органам сівалки створюють рештки, хоча загалом рештки у вигляді стерні менш проблематичні.

Можливість забивання сошників рослинними рештками залежить від їх розташування, типу, висоти рами і виду самих решток. Дискові сошники менше схильні до забивання. Ступінь їх забивання багато в чому залежить від діаметра диска. Менший диск легше проникає в ґрунт, але за наявності великої кількості рослинних решток швидше забивається.

Практичними рекомендаціями передбачено, щоб після проходу сівалки рослинні рештки залишалися на поверхні ґрунту, прикриваючи посівну борозенку, і до неї не потрапляли, щоби не знижувати польову схожість насіння.

Сошники у вигляді культиваторної лапи за складних умов роботи можуть більше забиватися рослинними рештками, але, як показують польові дослідження, вони практично ніколи не вдавлюють їх в посівну борозенку. Дана перевага врахована нами при розробці нової схеми комбінованого сошника.

Метою досліджень є теоретичне обґрунтування зони деформації ґрунту розпушувальним зубом комбінованого сошника сівалки залежно від конструктивно-технологічних параметрів процесу прямої сівби.

Основна частина. Технологічно-компоновочна схема розробленого сошника представлена на рис. 1. При роботі сошника зуб **1** заходить у стерневий шар ґрунту, розрізає його, утворюючи щілину, і розпушує ґрунт.

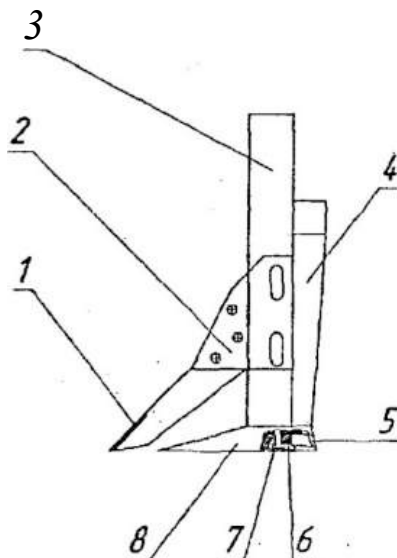


Рис 1. Схема комбінованого сошника сівалки (вигляд справа):

*1 - розпушувальний зуб; 2 - кронштейн; 3 - стійка; 4 - насіннепровід;
5 - розподільник насіння; 6 - підшва; 7 - болт кріплення; 8 -
стрільчаста лапа*

Відповідно до теорії проф. Панова І. М. [2] при цьому відбувається процес постійного формування ядра ущільнення на носку зуба, що, як наслідок, призводить до руйнування аналогічного ядра ущільнення ґрунту на носку стрільчастої лапи **8**, завдяки чому створюються умови для стійкості ходу сошника за глибиною. Стрільчата лапа підрізає стерню та бур'яни, а підшва **6** вирівнює дно борозни, утворюючи ущільнене ложе для насіння. Насіння через трубопровід **4** надходить до розподільника **5**, рівномірно укладається по ширині борозни і накривається шаром ґрунту, що сходиться зі стрільчатої лапи.

Встановлено [2-4], що третя (остання) фаза процесу деформації ґрунтів шляхом різання характеризується рухом частинок, при якому опір зростає з постійною інтенсивністю. Процес супроводжується встановленням області меж рівноваги та утворенням перед різальним профілем зони стійкого ущільненого ядра з оброблюваного матеріалу і надалі різання здійснюється не лезом, а саме цим ядром (рис. 1). Необхідна ширина леза визначається хордою $dc=\delta$ (рис. 2), яка дорівнює:

$$\delta = 2 \cdot r \cdot \sin \varphi ; \quad (1)$$

де r - радіус кривизни леза розпушувального зуба, м; φ - кут тертя ґрунту по сталі, град.

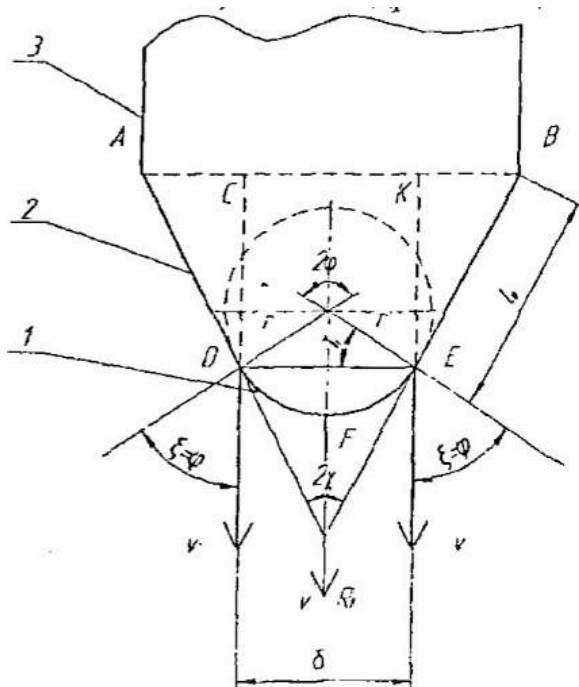


Рис. 2. Елементи розпушувального зуба
(вигляд зверху):

1 - лезо; 2- фаска; 3 – корпус

Із рис. 2 видно, що ширина зуба відповідно до агротехнічних показників процесу складає:

$$b = 2(r \cdot \sin \varphi + l_L \sin \gamma_1), \quad (2)$$

Сколювання ґрунту на певній глибині ходу зуба відбуватиметься у напрямку дії рівнодіючої сили R_n , розташованої під кутом $(\xi_1 + \varphi)$, тобто у напрямку nm (рис. 3) зони деформації.

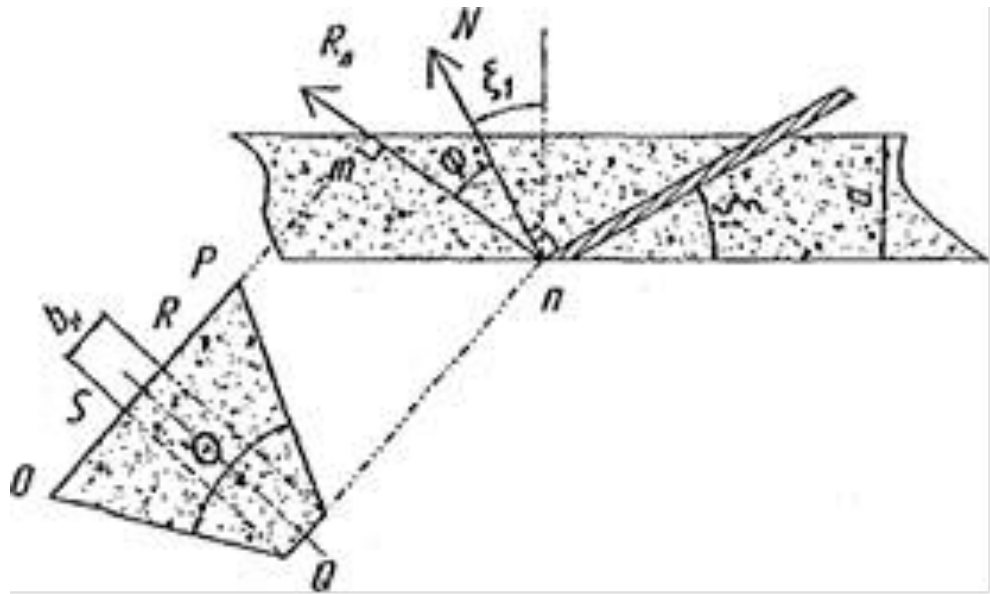


Рис. 3. Схема до визначення зони деформації ґрунту розпушальним зубом:

ξ_1 - верхній кут входу лапи в ґрунт; ξ_2 - нижній кут входу лапи в ґрунт; φ_2 - кут тертя ґрунту по лезу лапи; a - глибина обробки ґрунту; N - нормальна реакція стрільчастої лапи; R_n - рівнодіюча сила; Θ - кут деформації ґрунту зубом, град

Виходячи з попередніх викладок, отримана залежність величини зони поширення деформації від параметрів сошника та показників типу ґрунту відповідно до стану його поверхневого шару дорівнює:

$$b_{\text{д.н.}} = \frac{2a \cdot \tan \frac{\Theta}{2}}{\cos(\xi_1 + \varphi)} + 2r \cdot \sin \varphi + 2l_L \sin \gamma_1, \quad (3)$$

де Θ - кут деформації ґрунту розпушальним зубом, град; a - глибина обробки ґрунту, м; ξ_1 - кут входу лапи в ґрунт, град; l_L - довжина леза, м.

Висновки

1. Розроблено схему комбінованого сошника сівалки для прямої сівби зернових.
2. Отримано залежність величини зони поширення деформації від конструктивних параметрів розпушувального зуба.
3. Як видно із конструкції стрільчастої лапи, від неї значно залежать агротехнічні показники технології *NO-TILL*.
4. Геометрична модель нового робочого органу рекомендується для подальших досліджень [5 - 6].

Бібліографічний список

1. Середя Л.П., Швець О.І. Технологія STRIP-TILL в рослинництві. Перспективність впровадження в Україні. Вісник аграрної науки Причорномор'я. «Ukrainian Black Sea region agrarian science». Вип. 4, 2019р.
2. Панов І. М., Ветохін В. І. Фізичні основи механіки ґрунтів. Київ. Фенікс. 2008. 266 с.
3. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. Днепропетровск. ДГАУ. 1999. 140 с.
4. Волоха М. П., Болдирєва Л. В. Моделювання процесу розпушування ґрунту ребром дискового робочого органу. VII Міжн. наук.-практ. конф. «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта». 3–6 травня 2011 р. Ужгород - Київ. КНУБА. 2011. Вип. 87. С. 94–98.
5. Панов И.М., Теория, конструкция и расчет ротационных почвообрабатывающих машин / И.М. Панов, Ж.Е. Токушев. – Кокшетау: Изд. Кокшетаушского ун-та, 2005.
6. Тягово-приводные комбинированные почвообрабатывающие машины: Теория, расчет, результаты испытаний: монография / В. И. Ветохин, И.М.Панов, В.А. Шмонин, В.А. Юзбашев. – К.: Феникс, 2009. – 264 с.: илл. – (на русском языке).

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ МОДЕЛІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ

Жученко О.А., д.т.н., професор;

Вознюк Т.А., ст. викладач;

Щетінін Г.Д., студент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», (Україна, м. Київ)

Ключові слова — швидкообертові деталі, пристрій для автоматичного балансування, диск з радіальними отворами, конічні пружини, гвинти, металеві кульки.

Анотація — актуальним дослідженням в даний час є розробка пристроїв для автоматичного балансування з радіальними отворами, де пружини притиснуті гвинтами і з'єднані з металевими кульками, що рухаються при обертанні валу.

Постановка проблеми. Розроблена конструкція належить до машинобудування і може знайти своє застосування для автоматичного балансування різноманітних швидкообертових деталей, наприклад валів шліфувальних верстатів, де з часом нерівномірно змінюється маса шліфувального круга за рахунок викидання абразивних частинок, а також шпиндельних вузлів з наступним технологічним дисбалансом, наприклад, з неврівноваженою заготовкою.

Аналіз останніх досліджень. Відомим в даний час є пристрій для автоматичного балансування, що містить канавки в дисках, де рухаються регулювальні гвинти (а.с. № 90770 Україна, МПК G01M 1/30; заявл. 12.06.2008; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10, 2010 р.).

Формулювання цілей. Головним завданням в даний час при розробці даної конструктивної моделі є покращення та автоматизація процесу балансування за рахунок удосконалення форми головки гвинтів та форми пружин, які концентрують свою дію у радіальних напрямках, що покращує загальні експлуатаційні показники пристрою.

Основна частина. Завдяки новому виконанню пристрою, в якому диск з радіальними отворами, де використовуються конічні пружини, більший

діаметр яких направлений в сторону кульки, притиснуті гвинтами з конічними головками, виконаними впотай, і з'єднані з металевими кульками, досягається

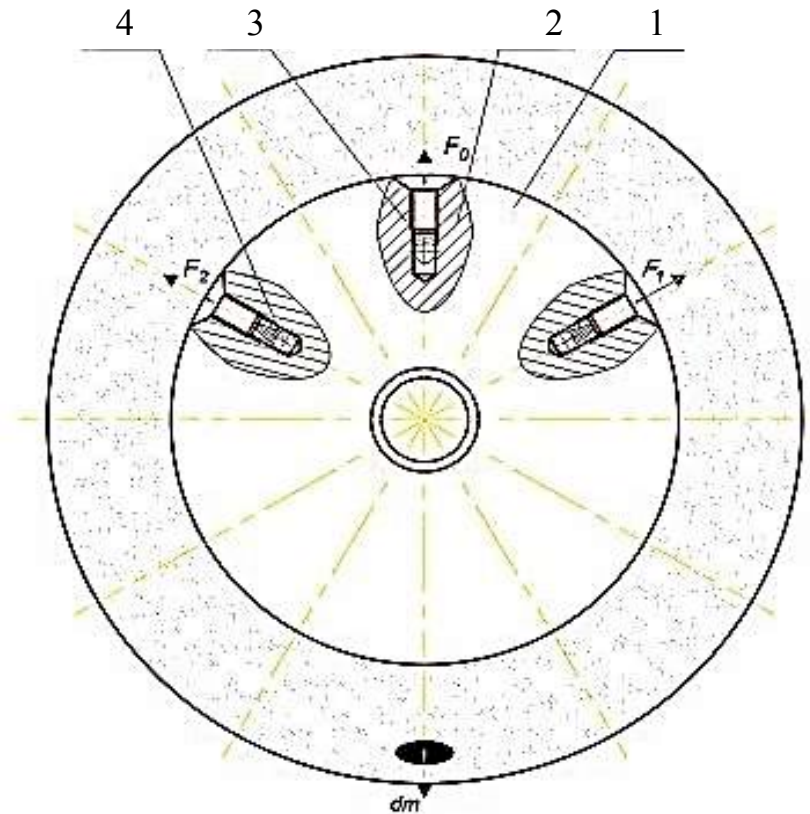


Рис.1

Загальний вигляд пристрою для балансування

1 – диск; 2 – радіальні отвори; 3 – конічні пружини; 4 – металева кулька.

рівномірне відцентрове автоматичне балансування різноманітних швидкообертових деталей, а також концентрація взаємодії пружини і кульки в осьовому напрямку [1-3].

Пристрій для автоматичного балансування має диск (1) з радіальними отворами (2), конічні пружини (3), з'єднані з металевими кульками (4) та притиснуті гвинтами з головками, виконаними впотай (Рис.1).

Пристрій для автоматичного балансування працює таким чином. Диск з радіальними отворами закріплюється на швидкообертовій деталі, в даному випадку - циліндричному валу. На металеві кульки, які з'єднані з пружинами що, в свою чергу, притиснуті гвинтами, діє відцентрова сила, яка направлена радіально (Рис.2).

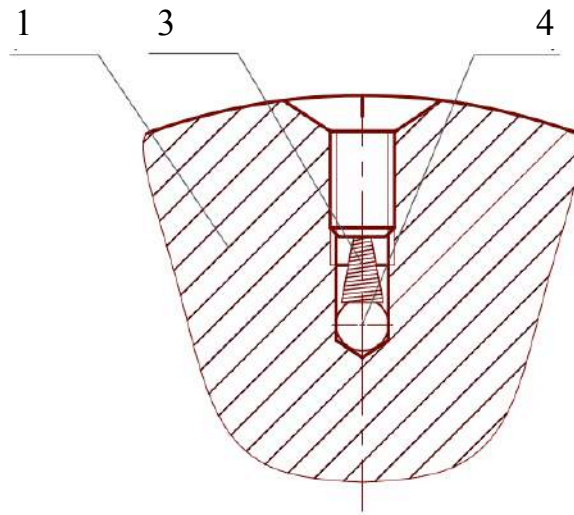


Рис. 2

Окрема частина пристрою

1 – диск; 3 – конічна пружина; 4 – металева кулька

Сили інерції від невірноваженості шліфувального круга визначаються за формулою, яка враховує також кутову швидкість обертання вказаного пристрою:

$$F_{\text{ш}} = m_{\text{м}} \cdot \omega_{\text{ш}}^2 \cdot e_{\text{ш}},$$

Де:

$m_{\text{м}}$ - маса шліфувального круга;

$e_{\text{ш}}$ - кутова частота обертання;

dm - питомий дисбаланс шліфувального круга.

Ці сили компенсуються балансуванням шліфувального валу, а також кожен шліфувальний круг, який встановлюється на станках, також балансується. Дисбаланс у цих випадках залишається. При дисбалансі dm з'являється нерівномірна відцентрова сила, яка компенсується різною силою відхилення металевих кульок, тим самим забезпечуючи рівномірне обертання шліфувального валу.

Кількість радіальних отворів на диску залежить від того, на скільки точно потрібно збалансувати вал. Крім того, оскільки гвинти мають головки, які виконані впотай, то сам шліфувальний круг, при виконанні певних спеціальних операцій з мінімальними габаритами самого пристрою, можна насунути, тобто надіти на диск, закривши ним (шліфувальним кругом) отвори з гвинтами. Таке конструктивне рішення значно розширює універсальність всього пристрою.

Цим також пояснюється загальна технологічна універсальність пристрою для автоматичного балансування, яка пропонується в новій конструктивній моделі пристрою.

Висновки:

1. Запропонована конструктивна модель нескладна у виготовленні та забезпечує повне балансування швидкооберткових деталей, концентруючи відцентрову осьову дію металевих кульок;

2. Оскільки гвинти мають головки, які виконані впотай, то сам шліфувальний круг, при виконанні певних спеціальних операцій з мінімальними габаритами самого пристрою, можна насунути, тобто надягти на диск, закривши ним (шліфувальним кругом) отвори з радіально зорієнтованими гвинтами;

3. Така конструкція значно зменшить габарити пристрою для автоматичного балансування та відповідно розширить його технологічну універсальність [4-6].

Бібліографічний список

1. Патент (а.с. № 90770 Україна, МПК G01M 1/30; заявл. 12.06.2008; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10, 2010 р.).
2. Патент (а.с. № 60848 Україна, МПК G01M 1/38; заявл. 29.12.2010; опубл. 25.06.2011. Бюл. № 12, 2011 р.).
3. Патент (а.с. №4075909 США, МПК F16F 15/32; заявл. 29.01.1976; опубл. 28.02.1978 р.).
4. Ковальов Ю.М. Основи геометричного моделювання. Навчальний посібник. – К.: Вища школа, 2003. – 232 с.
5. Ніцин О.Ю. Технологія геометричного моделювання. Конструювання кривих ліній. Навчальний посібник. – Х.: Видавництво «Форт», 2008. – 136 с.
6. Подкоритов А.М., Юрчук В.П., Яблонський П.М. Використання теорії спряжених поверхонь під час конструювання робочих органів коренезбиральних машин. Монографія. Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Видавн. «Політехніка», 2021.- 368 с.

УЗАГАЛЬНЕНА ТЕОРЕМА ПРО ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ КУТІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З КОЛОМ

Юрчук В.П., д. т. н., проф.,

Кузнєцов Ю. М., д. т. н., проф.,

Козловський А.Г. .

Національний технічний університет України "Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського"

(Україна, м. Київ)

Ключові слова – принцип узагальнення, коло, колесо, методика вимірювання, величина кута, центральний кут, дотична, хорда, кут в середині кола, кут поза колом.

Анотація – у статті розглядується принцип узагальнення вимірювання величини кутів, пов'язаних з колом, який базується на розгляданні всіх схем вимірювання та наступному об'єднанні випадків. Цих схем наводиться 13, але користуючись теоремою, їх ще можна розглянути самостійно.

Постановка проблеми. Узагальнення при розв'язуванні математичних (геометричних) задач міститься в переході від різних типів задач до більш загальних. Всі вчені вважають принцип «узагальнення» як найважливіший фактор розвитку математики, метод вирішення задач, яких об'єднує певна тематика. Така процедура дозволяє, при своєму використанні, значно спростити кількість геометричних схем розв'язку.

Формулювання цілей. Важливим методом є фактор «узагальнення», який дозволяє значно спростити методику розв'язання всіх задач, особливо математичних. Для зменшення кількості схем вимірювання, особливо актуальним для свого використання є методи вимірювання величини кутів, пов'язаних з колом [1].

Основна частина. Найбільш поширеним представником кривих плоских ліній, які використовуються в техніці з давніх часів, є коло. Невід'ємною складовою, при використанні кола в геометричних дослідженнях, є геометрична методика вимірювання величини кутів, пов'язаних з колом, яке уособлює в собі колесо.

Навчальна література з геометрії розглядає вимірювання величини різних кутів, пов'язаних з колом, які демонструються на різних схемах, кількість яких більше десяти. При цьому, для визначення величини різних видів кутів необхідно рисувати різні схеми, різні розв'язки, методики і

побудови, що значно ускладнює використання самих методів визначення кутів.

Все це викладається у вигляді окремих теорем або задач на доведення. У дійсності це є різні випадки однієї й тієї ж узагальненої теореми про вимірювання кутів, пов'язаних з колом. Ця теорема, особливо важлива, оскільки геометрично охоплює всі випадки вимірювання кутів, пов'язаних з колом-колесом.

Значною перевагою даних досліджень є те, що визначення величини кутів, пов'язаних з колом, демонструється на одній схемі, яка дозволяє безпосередньо визначати величину наступних кутів на екрані монітора (виконуючи просту графічну побудову):

- центрального кута; - вписаного кута; - кута з вершиною всередині кола; - кута поза колом; - кута між дотичними до даного кола; - кута між паралельними прямими, які дотичні до кола; - кута між хордою і дотичною; - величини кутів, які спираються на одну хорду та багато інших випадків визначення величини кутів, як було сказано раніше, пов'язаних з колом.

Дані схеми теорем мають велике значення в техніці, оскільки вони пов'язані з колом, яке широко використовується при розв'язанні технічних задач [2].

Дана теорема має наступне визначення:

Теорема : Кут, сторони якого мають хоча б одну спільну точку з колом, дорівнює половині суми величин дуг, утворених хордами, на які він спирається, та розміщених всередині кола (чи на колі), або половині різниці величин дуг, утворених перетином січних чи дотичних поза колом.

Примітка: При цьому, коли одна із дуг кута належить колу, чи одна із хорд переходить в дотичну, яка проходить через точку дотику, то кут дорівнює половині дуги, обмеженої хордою.

Спочатку нагадаємо, що кути можна вимірювати в градусах та в радіанах. Дуги кола також можна вимірювати в градусах та в радіанах, що впливає із наступного визначення: **кутовою мірою, або кутовою величиною дуги кола, є величина центрального кута, який спирається на дану дугу.**

Показ взаємозв'язку, тобто фактор «узагальнення» цих випадків, добре ілюструється на схемі кутів, (яку було названо «**Чаша кутів**»), пов'язаних з колом, на якій вимірюються кути. При цьому, необхідно зауважити, що величина кутів вимірюється як дуга, обмежена двома хордами чи двома радіусами. А кут між хордою і дугою вимірюється як половина дуги, обмеженої хордою і дотичною, яка проходить через точку перетину хорди із заданим колом.

Також необхідно відмітити, що в нашому випадку хорди СВ та ВД виступають як сторони кута, величина якого визначається величиною дуг $\cup\text{СОД}$ (розгорнутий кут) і зменшується від 180° до значення 0° , (коли прямі m та n паралельні між собою) - при переміщенні точки В зверху вниз, що показано на «**Чаші кутів**», (див. схему).

Для демонстрації запропонованої «**Чаші кутів**» розділимо коло на чотири рівних частини за допомогою двох перпендикулярних діаметрів АВ і CD. Відомо, що кожна із отриманих дуг називають півколом, тобто це дуги $\cup\text{АСВ}$ і $\cup\text{АДВ}$, які рівні між собою і дорівнюють по 180° .

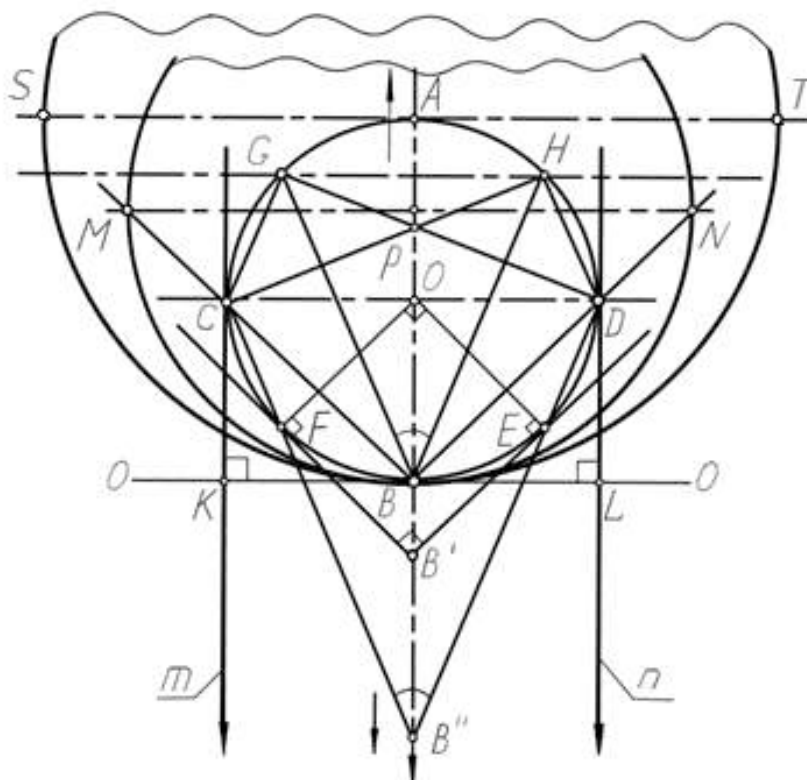


Рис.1 Схема до узагальненої теореми про вимірювання кутів, пов'язаних з колом («**Чаша кутів**»)

Після чого кожне із півкіл розіб'ємо ще на чотири частини по 45° кожна. При цьому все коло ділиться на 8 частин. А початком кожної з дуг, якими визначається величина кута, пов'язаного з колом, є точки даної дуги, спільні для кола і для однієї й тієї ж із двох прямих, що утворюють даний кут.

До речі, розбивку кола можна робити і на 12 рівних частин, тоді кожна ділянка кола буде дорівнювати 30° і буде виглядати менш наглядно та досить дрібно. Але, на наш погляд, достатньо коло розділити і на 8 частин по 45° кожна із них, що більш наглядно демонструє положення нашої теореми (див. схему).

Розглянемо більш детально основні твердження теореми, які показані як одна «узагальнена» схема вимірювання кутів:

Випадок 1. Центральний кут. Загальновідомо, що центральним кутом називається кут, вершина якого збігається з центром кола, а сторони є радіусами даного кола і він дорівнює величині дуги кола, на яку спирається [3].

Тоді маємо: $\angle FOE = \cup FBE = 90^\circ;$
(1)

Випадок 2. Вписаний кут. Вписаним кутом називається кут, вершина якого лежить на колі. Величина його дорівнює половині центрального кута, що спирається на ту саму дугу кола [3].

Тобто: $\angle BGD = \angle BOD/2 = \cup BED = 90^\circ/2 = 45^\circ;$
(2)

Випадок 3. Вписаний кут, що спирається на півколо. Вписаний кут, що спирається на півколо, – прямий, і навпаки: будь-який кут, що дорівнює 90° - спирається на півколо. Оскільки градусна міра півкола дорівнює 180° , то маємо наступне значення величини кута $\angle CBD$:

$\angle CBD = \cup CAD / 2 = 180^\circ / 2 = 90^\circ;$
(3)

Даний вписаний кут аналогічно визначається для всіх величин кіл і дорівнює 90° , радіуси яких збільшуються вздовж осі АВ:

$\angle CBD = \angle MBN = \angle SBT$, тобто Р-А і радіуси кіл збільшуються, а точка Р переміщується до точки А і далі.

Випадок 4. Розгорнутий кут. Вершина кута $\angle COD$ розміщена в центрі кола, і дорівнюють по півколу, а радіуси переростають в діаметр.

Тоді маємо: $\angle COD = (\cup CBD + \cup CAD) / 2 = (180^\circ + 180^\circ) / 2 = 180^\circ;$
(4)

Тобто, у даному випадку ми отримали розгорнутий кут – кут найбільшої величини, який дорівнює 180° і проходить через діаметр.

Випадок 5. Вписані кути, які спираються на одну дугу. Якщо вписані кути спираються на одну дугу, то вони між собою рівні.

$\angle BGD = \angle BCD = \cup BED / 2 = 90^\circ / 2 = 45^\circ;$
(5)

Випадок 6. Кут, вершина якого розміщена на перетині хорд. Кут, утворений перетином хорд, дорівнює половині суми дуг, які його утворюють. Так візьмемо хорди СН та DG, які перетинаються в точці Р.

Тоді маємо:

$\angle CPD = \angle GPH = (\cup CBD + \cup GAH) / 2 = (180^\circ + 90^\circ) / 2 = 270^\circ / 2 = 135^\circ;$
(6)

Випадок 7. *Вписаний кут, утворений внутрішніми хордами, що перетинаються на колі.* Даний кут також дорівнює половині суми дуг, оскільки в нашому випадку величина одного із наших кутів, вершина якого розміщена на колі, дорівнює 0° :

$$\text{Тоді: } \angle CBD = (\angle CAD + 0^\circ) / 2 = (180^\circ + 0^\circ) / 2 = 90^\circ; \quad (7)$$

Випадок 8. *Вписаний кут, утворений перетином діаметра з хордою.* Він дорівнює половині дуги, на яку спирається даний кут.

$$\text{Звідси: } \angle CBA = \angle CGA / 2 = 90^\circ / 2 = 45^\circ; \quad (8)$$

Випадок 9. *Кут утворений перетином січних поза колом.* Тепер розглянемо випадок з розміщенням кута, утвореного перетином січних поза колом. Нехай це буде $\angle CB'D$. Він має дорівнювати половині різниці величин дуг $\angle CAD$ та $\angle FBE$, тобто визначається наступною формулою:

$$\angle CB'D = (\angle CAD - \angle FBE) / 2 = (180^\circ - 90^\circ) / 2 = 90^\circ / 2 = 45^\circ; \quad (9)$$

Випадок 10. *Кут між продовженням діаметра та січної.* Тоді кут $\angle CB'A$ між продовженням діаметра AB і січної CF буде дорівнювати піврізниці їх дуг. Тобто величина даного кута дорівнює:

$$\angle CB'A = (\angle CGA - \angle FCB) / 2 = (90^\circ - 45^\circ) / 2 = 45^\circ / 2 = 22,5^\circ; \quad (10)$$

Випадок 11. *Кут між дотичною та хордою.* При цьому хорда проходить через точку їх дотику. Тоді кут, утворений дотичною KBL та хордою CB , яка проходить через точку дотику B , дорівнює половині дуги, яка обмежена вказаною хордою та дотичною до кола.

$$\text{Тобто: } \angle KBC = \angle CFB / 2 = 90^\circ / 2 = 45^\circ; \quad (11)$$

Відповідність даного твердження чітко видно на схемі кутів, що і перевіряється на довільних хордах, наприклад: BD , HB , SB та ін.

Випадок 12. *Кут утворений перетином дотичних поза колом.* Такий кут дорівнює половині різниці дуг, утворених дотичними. Тоді кут $\angle FB'E$ визначається наступною формулою:

$$\angle FB'E = (\angle FAE - \angle FBE) / 2 = (270^\circ - 90^\circ) / 2 = 180^\circ / 2 = 90^\circ; \quad (12)$$

Випадок 13. *Кут між дотичними до кола.* Вершина кута B , який віддаляється від центра кола в нескінченність, і початковий вписаний кут $\angle CBD$ зменшується за наступною формулою:

$$\angle CBD \rightarrow (\angle CAD - \angle CBD) / 2 = (180^\circ - 180^\circ) / 2 = 0^\circ;$$

(13)

Тобто, в даному випадку величина кута між прямими m та n , постійно зменшується і в кінцевому випадку, коли дані прямі в безкінечності, практично паралельні між собою, кут $\angle CBD$ дорівнює 0° .

ВИСНОВОК:

1. Наведена нами теорема (**«Чаша кутів»**), як узагальнена теорема про вимірювання кутів, пов'язаних з колом, викладена методикою можливості вимірювання кутів на одній схемі екрана монітора, справедлива для всіх розмірів кола;
2. Теорема є досить актуальною, оскільки визначає величини кутів, пов'язаних з колом, яке з технічної точки зору, уособлює в собі колесо;
3. При графічному виконанні узагальненої теореми, можна вимірювати величини кутів також на екрані монітора;
4. Інші випадки вимірювання кутів, пов'язаних з колом - колесом, можна розглянути самостійно, моделюючи їх та використовуючи на даній схемі - **«Чаші кутів»**, [4 - 6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Апостолова, Галина, Ясинський, Василь. Геометрія старшокласникам і абітурієнтам. – К.: Фактор, 2008. – 88 с.: іл.
2. Нарисна геометрія: Підручник / В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстіфєєв, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко; За редакцією В. Є. Михайленка. – 2-ге вид. переробл.. – К.: Вища шк. 2004.- 303 с.: іл.
3. Роганін О. М. Геометрія. 7-11 класи / О. М. Роганін. – Х.: ПП Українське літературне агенство «УЛА», 2019.- 32 с. – (Довідник у таблицях).
4. Ковальов Ю. М., Матющенко Н. В., Шевель Л. В. Інженерна графіка. Виконання архітектурно-будівельних креслень у графічному середовищі ArchiCAD. Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2010. 186 с.
5. Ковальов Ю.М. Прикладна геометрія: Підручн. Для студ. вищих навч. закладів. / Ю.М. Ковальов, В.М. Верещага. – К. : ДІЯ, 2012. – 472 с. : іл. -Бібліогр. : с. 1.
6. На дану теорему у 2020 р. отримано «Авторське право на науковий твір»: / Науковий твір «Узагальнена теорема про вимірювання кутів, пов'язаних з колом» («Чаша кутів») / В. П. Юрчук // Свідectво Мінекономрозвитку України про внесення до Державного реєстру авторського права на твір та видачу свідоцтва № 96574 від 10.03.2020 р., «Бюлетень №58».

3D МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ BLENDER

Надкернична Т.М., ст. викладач,

Луцкевич Вол.А., студент

Луцкевич Вік.А., студент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація - у статті розглянуто можливості 3D моделювання в програмі Blender та адаптування її під свої потреби. .

Ключові слова – модифікатори, інженерно-спрямовані, доповнення, технічне моделювання, інтерфейс, форматування.

Постановка проблеми. Сьогодні 3D моделювання займає важливу роль в комп'ютерній графіці і дизайні. Під цим розуміють створення різних тривимірних моделей за допомогою спеціальних програм. Із великої кількості програм, які використовуються в тривимірній графіці, треба вибрати ту, яка буде відповідати вашим вимогам.

Розглядається програма Blender, яка спроможна відтворювати будь-які деталі та має можливість використовувати додаткові доповнення з других програм.

Формулювання цілей. Створення повноцінної 3D моделі з дотриманням вказаних параметрів на кресленні, використовуючи для цього розширений інструментарій редактору Blender та елементи доповнення tinyCad.

Основна частина. У наш час, є багато програм, серед яких можна обрати: “Autodesk Maya”, “3ds Max”, “Zbrush”, “Blender”, “Wings 3D”, “Modo”, “V-RAY”, “Autocad”, “Fusion 360”, “SOLIDWORKS”, “Rhinoceros” але, вибираючи програмне забезпечення для 3D-моделювання, варто звернути увагу на поставлену задачу. На сьогоднішній день вибір програми має включати в себе певні вимоги, які ставить перед собою людина при її обранні, такі як: доступність, ціна, зрозумілість при користуванні.

Програма Blender – потужний інструмент, призначений для створення тривимірних зображень та анімації. Програма повністю безкоштовна, для використання її не потрібно реєстрація або ліцензійний ключ і це вигідно відрізняє її від інших таких продуктів, таких як 3D Studio або Maya,

Характерною особливістю пакета Blender є його невеликий розмір (50Мб). Blender мав репутацію програми, складної для вивчення. Відколи Blender став проектом з відкритим вихідним кодом, були додані повні

контекстні меню до всіх функцій, а використання інструментів зроблено більш логічним та гнучким, він зрозумілішим і легким у використанні.

Покращений інтерфейс користувача з введенням колірних схем, прозорих плаваючих елементів, новою системою перегляду дерева об'єктів і різними дрібними змінами. Програма може імпортувати та експортувати багато різних форматів файлів в тому числі файли Cad і obj.

У більшості випадків програма має аспекти для творчої сторони, проте її можна використовувати і в інженерному напрямку, дозволяє відтворювати практично весь функціонал програмного забезпечення Cad і створювати різноманітні об'єкти.

Завдяки додатковому розширенню інструментарію та встановленню декількох доповнень програма стає повністю інженерно орієнтовною.

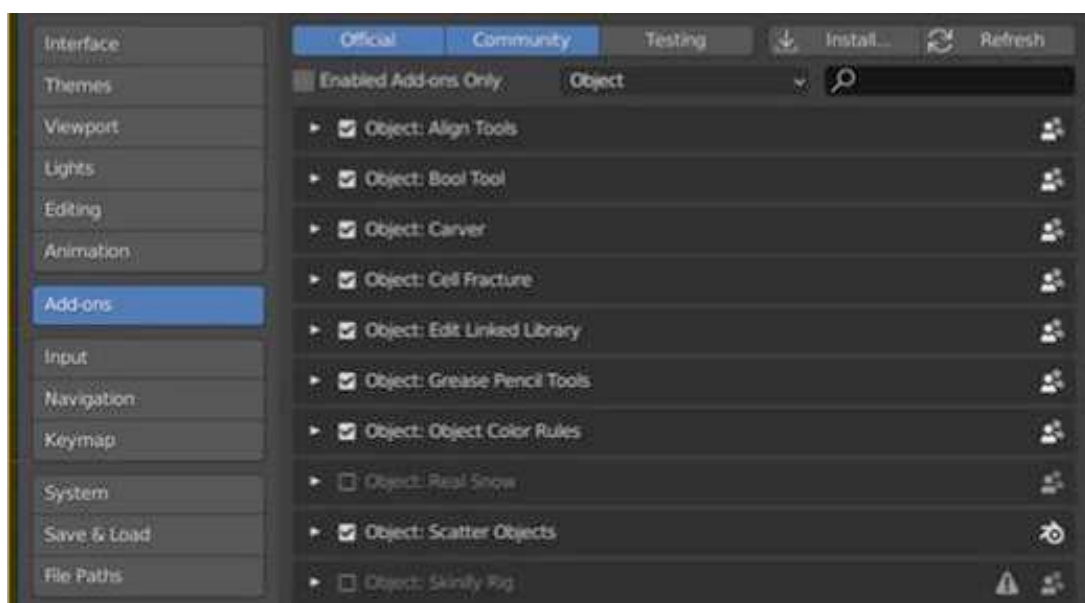


Рис. 1

Перелік інструментів які були додані до програми (рис.1):

- 1) Align tool - використовується для вирівнювання кількох виділених об'єктів, щоб вони вибудовувалися на заданій осі.
- 2) Boolean tool - модифікатор дозволяє застосувати до об'єктів операції об'єднання, перетину та різниці. Модифікатор.
- 3) Carver - інструмент для різьблення або створення нових об'єктів.
- 4) Cell fracture - режим об'єкта, виберіть об'єкт, який потрібно розбити.
- 5) Edit linked library - спрощує систему пошуку та зберігання об'єктів.
- 6) Grease pencil tools - надає набір інструментів для моделювання та створення сітки за допомогою малювання олівцем.
- 7) Color rules - методом балансування всього інтерфейсу, а потім всі подальші дані можуть базуватися на правилах для цього налаштування.
- 8) Scatter objects - дозволяє розкидати та налаштувати сітку.

Blender підходить для створення різноманітних об'єктів перед можливим переміщенням у більш інженерно-спрямовані програми або перед 3D друком.

На рис.2 приводиться побудова інженерних механізмів.

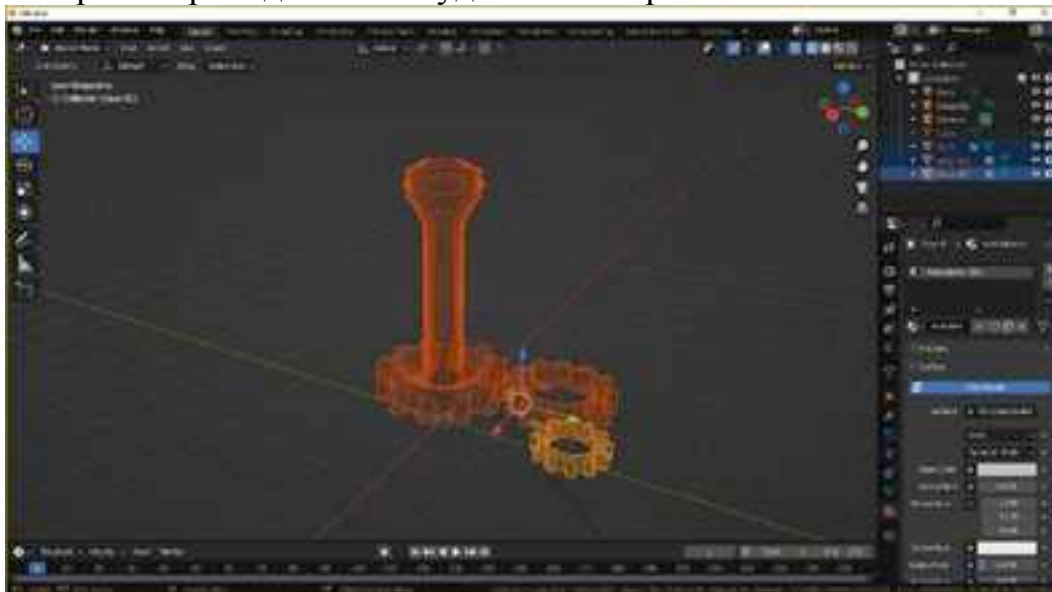


Рис.2

Програма має великий діапазон 3D об'єктів, у тому числі твердих тіл, полігональних сіток, NURBS поверхонь, Без'є та B-сплайнових кривих, metaballs. Blender дозволяє проводити моделювання, рендеринг, освітлення, текстурювання та постпродакшн різноманітних тривимірних сцен, створювати динаміку твердих тіл на основі фізичного двигуна Bullet.

Завдяки відкритому джерелу Blender можна вирішити будь-яку проблему. Інструменти для точного моделювання tinyCAD для Blender це нещодавній проект, який полегшує технічне моделювання. В офіційній документації Blender вже знаходиться інструменти tinyCAD, як офіційний додаток, а також форматувальник на імпорт та експорт файлів формату, який підтримує Autocad.

Але як і всі 3D програми Blender має ряд недоліків, які пов'язані з можливим незвичним інтерфейсом для користувачів, а також необхідністю розбиратися в додатковому налаштуванні при завантаженні інструментарію для креслення. Велика кількість функцій можуть бути громіздкими та неактуальними, при наявності вже більш легких і компактних інструментів.

Висновок. Переваги програми Blender в порівнянні з іншими програмами 3D:безкоштовна, має невеликий розмір, з великою різноманітністю інструментів, які дають можливість створювати 3D моделі

Недоліки – незвичайний інтерфейс.

Бібліографічний список

1. <https://blenderbasecamp.com/home/what-are-the-advantages-of-using-a-program-like-blender/>
2. <https://tryengineering.org/game/blender/#:~:text=Blender%20is%20the%20free%20and,editing%20and%202D%20animation%20pipeline>
3. <https://www.quora.com/What-can-a-mechanical-engineer-do-with-blender-software>

ІСТОРІЯ НАРІЗЕВОГО З'ЄДНАННЯ

Голова О.О., к.т.н.,

Воробйов О.М.,

Лазарчук-Воробйова Ю.В.,

Луданов Д.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація – стаття присвячена історії створення, використання та стандартизації нарізових з'єднань.

Ключові слова – нарізь, нарізові з'єднання, болт, гвинт, гайка, параметри нарізі, розмірність, стандартизація.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток технічних засобів та інформаційних технологій не залишають молоді часу на аналітичну роботу. Знайомство з деякими цікавими моментами історії технічного прогресу стимулюють розвиток творчого процесу, викликають зацікавленість технічними дисциплінами. .

Аналіз останніх досліджень. Наразі було знайдено праці німецьких вчених, які довели, що нарізові з'єднання – не виключно продукт розумової діяльності людини. Однак всі сучасні технології виготовлення деталей з нарізною мають дуже довгу та цікаву історію .

Формулювання цілей. Ціллю статті є ознайомлення студентів з історією виникнення нарізей, вимірюванням та розмірністю параметрів, а також питаннями стандартизації нарізі.

Основна частина. У простоті та доступності конструкції звичного нам болта прихована найбагатша історія людства. Фахівці з історії техніки вважають, що гвинтова нитка, яка є прабатьком сучасного нарізового з'єднання, була винайдена приблизно 400 р. до н.е. філософом, механіком та математиком Архітом Таррентським (428 р. до н.е. – 350 р. до н.е.). Архіта іноді називають фундатором механіки.

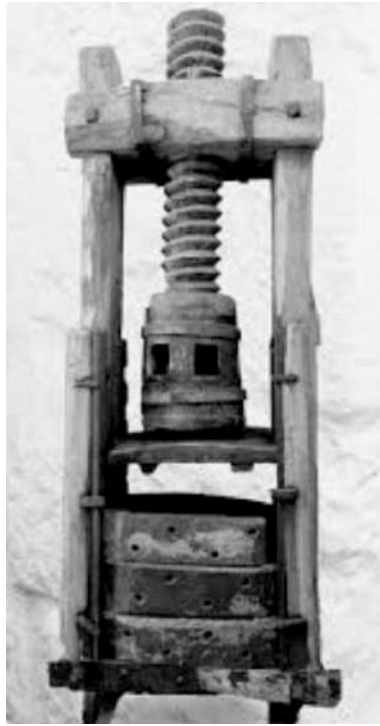


Рис. 1 Прес для вилучення олій із маслин та соків із винограду.

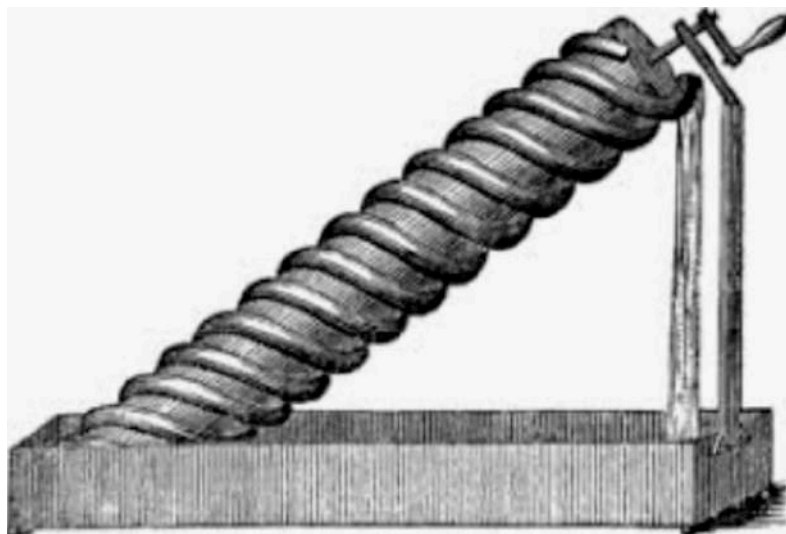


Рис.2 Гвинт Архімеда.

Одним із перших застосувань гвинтового принципу став прес для вилучення олій із маслин та соків із винограду (рис.1).

Архімед (287 р. до н.е. – 212 р. до н.е.) розробив принцип гвинтів та використав його для створення пристрою для підняття води з водойм (рис. 2). Гвинт з водою виник, можливо, в Єгипті ще до Архімеда, але докладнішої інформації немає в жодному джерелі. Механізм був побудований з дерева та використовувався для зрошення земель та видалення трюмної води з кораблів. Римляни застосовували гвинт Архімеда у перших системах водопроводу.

Також болти застосовувалися в Стародавньому Римі в дверних пристроях як осьові стрижні та настановні болти. На початковому етапі болти з наріззю використовувалися без гайок і вкручувалися в метал або дерево як шурупи. Болти виготовлялися з бронзи або срібла, нарізь на них нарізалася вручну або її замінював дріт, накручений на стрижень і припаяний до нього. Вироби з наріззю були дорогими і застосовувалися лише у медичних інструментах, прикрасах та ювелірних виробках.

Раніше вважалося, що нарізеве з'єднання – виключно продукт розумової діяльності людини, але природа застосувала його значно раніше. За інформацією групи німецьких учених з Карлсруе (журнал Science, 2011 р.) поєднання лап з тілом жучків довгоносиків сімейства слоників, що мешкають на острові Нова Гвінея, цілком ідентичне конічній нарізі (рис. 3). Це сприяє міцнішому кріпленню кінцівок і гарантує комахам стійкість при переміщенні.

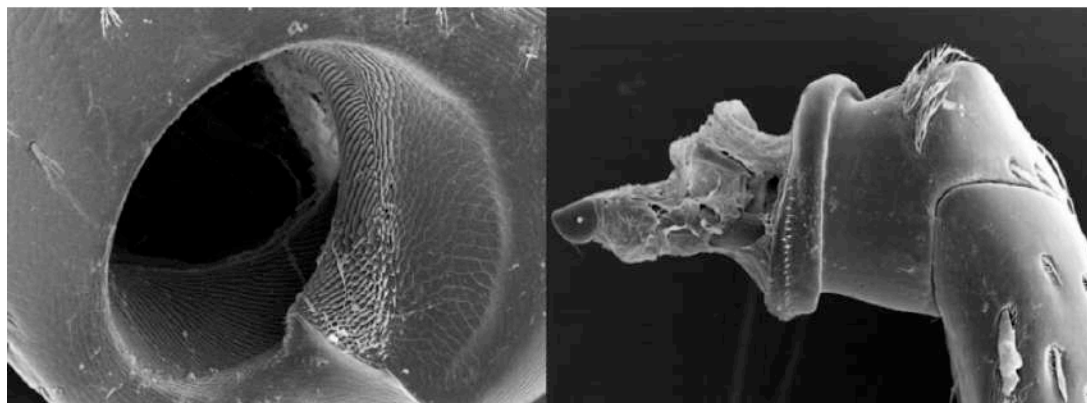


Рис. 3 Суглоби жучків довгоносиків.

Поява перших болтів, що віддалено нагадують сучасні, відноситься до середини XV століття. Тоді ж були використані Йоганном Гуттенбергом у сконструйованому ним друкарському верстаті. Незабаром їх почали застосовувати годинникових справ майстри та при виготовленні рухомих частин військових обладунків.

У записках Леонардо да Вінчі (кінець XV – початок XVI століття) є начерки проектів кількох гвинторізних верстатів. Перший такий верстат, який отримав широке застосування, був винайдений у 1568 році французьким математиком Ж.Бессоном.

Перші документовані відомості про гайки з наріззю належать до кінця XVI століття. Як і гвинти, перші гайки також виготовлялися вручну та були погано обробленими. Гайки стали з'єднувати із гвинтами на початку XVII століття. В одній із книг, виданих в Англії у 1611, вже зустрічається термін «гайка для гвинта». Гвинтом стали називати болт, що має нарізь. До кінця XVII століття гвинти стали широко використовувати у вогнепальній зброї.

Підібрати гвинт та відповідну йому гайку було непросто. Коли ж вдавалося знайти таку пару, гвинт і гайку тримали з'єднаними до їхнього використання в будь-якому механізмі, що робило це з'єднання унікальним. Також на шляху масового використання нарізевих з'єднань виникла велика проблема – нарізі різних майстрів були різними. Пояснювалося це технологією виготовлення болтів та гайок. Так, нарізь на стрижні великого діаметру, виконувалася за допомогою кувального штампу, яким коваль ударяв по розпеченій заготовці. На болтах малого діаметра різьблення нарізалось на токарних верстатах, але різець утримував майстер, тому глибина та крок нарізі залежали від уміння та сили рук майстра.

Початок промислової революції у XVIII столітті у Великій Британії позначився стрімким зростанням продуктивних сил на базі великої машинної індустрії, що дало поштовх широкому виробництву гайок та болтів. Це з'єднання допомагає вдосконалити складну конструкцію механізмів, полегшує їхнє складання, істотно підвищує міцність всього пристрою. Масовим використанням болтового з'єднання можна визнати 1765 рік, коли шотландець Джеймс Уатт виготовив парову машину подвійної дії. Багато відомих винаходів тих часів було сконструйовано із застосуванням нарізових елементів кріплення.

Складнощі, що виникали при ручному нарізанні нарізі, призвели до виникнення механізмів для прискорення та спрощення цієї роботи. Перший різьбонарізний верстат був винайдений французом Жаком Бессонном у 1568 році. Тільки з його винаходом стали широко застосовувати роз'ємні з'єднання болта та гайки. Зручність цього з'єднання полягає в багаторазовому складанні-розбиранні без втрати функціональних можливостей.

Сучасна історія виготовлення нарізей починається у XIX столітті. Британський винахідник Генрі Модслі (1771-1831) вважається одним із творців токарно-гвинторізного верстата, за допомогою якого стало можливим нарізування точної нарізі. У середині XIX століття Джозеф Вітворт (1803-1887), британський інженер-механік та винахідник, запропонував профіль гвинтової канавки та розробив систему стандартизації нарізі (нарізь Вітворта) та калібрів, а також створив вимірювальну машину великої точності.

Після прийняття нарізі Вітворта англійськими залізничними компаніями, вона стала національним стандартом для Великобританії - стандарт Вітворта (BSW), який став основою для створення різних національних стандартів, таких як стандарт Селлерса в США, нарізь Левенхерца у Німеччині і т.д.

Початковий широкий розвиток і поширення деталі з нарізкою отримали у Великобританії, тому розмірність параметрів нарізі інженерами всього світу використовували англійську, досить дивну. Цю систему називають антропомірною – мірилом у ній виступає людина, її

ноги, руки. Згадаймо напис на фасаді при вході в храм Аполлона в Дельфах – Людина є мірою всього.

Північноамериканські Сполучені держави до кінця XVIII століття перебували у колоніальному володінні Великої Британії, і тому також використовували англійську систему заходів. Базовою одиницею англійської системи є дюйм (від голландського слова *duim* – великий палець) – ширина великого пальця дорослого чоловіка.

За іншою версією дюйм походить від римської одиниці міри унція, яка була одночасно одиницею вимірювання довжини, площі, обсягу та ваги. Це дробова пропорція кожного з одиничних заходів, як половина чи чверть. Один дюйм складає $1/12$ частину вимірювання довжини ($1/12$ фута).

Наприкінці XVIII – на початку XIX століття у багатьох країнах з'являються свої дюйми (віденський, баварський, прусський, ризький, французький та інші), які трохи відрізнялися за розміром від англійського. Проте найпоширенішим завжди був англійський дюйм. Сьогодні $1 \text{ дюйм} = 25,4 \text{ мм}$.

Критична проблема, яку не вдавалося вирішити в кріпленні аж до початку XIX століття - це відсутність однакового підходу до створення нарізей, що нарізуються в різних країнах і навіть на різних заводах в межах однієї країни. Американський винахідник бавовноочисної машини Елі Уітні висловився про взаємозамінність елементів у машинах. Втілення цієї ідеї він продемонстрував у 1801 році у Вашингтоні у присутності президента Джона Адамса та віце-президента Томаса Джефферсона. Е.Уітні зібрав 10 мушкетів із деталей, взятих навмання з кількох купок, у яких було по 10 однакових деталей. Ідея була простою і зручною і її запозичили багато інженерів та винахідників.

На цій ідеї взаємозамінності Е.Уітні побудовані всі технічні стандарти, що діють на сьогодні (ISO, DIN, ДСТУ та ін.).

Спочатку нарізь була лише дюймовою. Проте, враховуючи багатовікові війни Англії з Францією, нав'язування Англією якоїсь іншої, недюймової системи кріплення, дозволило б їй стримати технічний розвиток Франції та інших своїх конкурентів, унеможливити ремонт і складання англійської техніки та зброї з використанням неанглійських запчастин. Здійснення цього плану стало можливим після Великої Французької революції. Одним із результатів цієї революції стало швидке запровадження нової метричної системи заходів, що існувало у Франції з кінця XVIII століття. Її створювали видатні вчені на той час, зібрані під прапором революції – Ж.Л.Лагранж, П.С.Лаплас, Г.Монж та інші.

Основа метричної системи – метр. $1 \text{ метр} = 1000 \text{ мм}$. У кресленнях, у позначенні нарізових з'єднань, у документації прийнято наводити всі розміри у міліметрах (мм).

Згодом Наполеону, який об'єднав майже всю Європу, вдалося розповсюдити метричну систему в підлеглих країнах. Таку ж позицію

займають і американці, називаючи свою систему мер Imperial, а зовсім не "дюймова", як називаємо її ми. "Імперську" систему заходів використовують і інші колишні британські колоніальні держави - Канада, Австралія, Нова Зеландія, Японія та інші. Отже Британська Імперія зникла тільки географічно.

У нашій країні метрична система вимірів була введена зусиллями Д.І. Менделєєва у XIX столітті.

Однак відлуння шістдесяткової системи числення збереглися і в розподілі доби на 24 години, і кола на 360 градусів, року - на 12 місяців як основа більш давньої шумерської культури.

У 1947 році було засновано Міжнародну організацію із стандартизації (ISO). Стандарти нарізей ISO прийняті зараз у всьому світі.

На сьогоднішній день прийняті такі основні міжнародні стандарти нарізей (перелік далеко не повний):

Позначення	Країна	Кут вершини профілю	Назва
ISO		60	International Organization for Standartization
UNC	USA	60	Unified National Coarce
NF	USA	60	National Fine
NTP	USA	60	National Taper Pipe 1:16
NPS	USA	60	National Standard Straight Pipe
BSW	GB	55	British Standard Withworth Coarse
BSP	GB	55	British Stsndard Pipe

Висновки Знання історії предмету поживляють навчальний процес та спонукають студентів самостійно вивчати матеріал, дослідницьки і творчо виконувати практичні завдання з предмету "Інженерна та комп'ютерна графіка".

Бібліографічний список

1. ГОСТ 11708-82 Основні нормивзаємозамінності. Нарізь. Терміни та визначення.

2. Якухин В.Г., Ставров В.А. Изготовление резьб. Справочник. _- М.:Машиностроение,1989.-С.192.

3.

<https://web.archive.org/web/20110623234424/http://hobbyhandmade.com/biblioteka/istoricheskie-ocherki/boltyi-gayki-2.html>

ВИКЛАДАННЯ КУРСУ AUTODESK REVIT В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Колган А.В., асистент

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна, м. Київ)*

Анотація – у статті розглянуто деякі аспекти проведення лабораторних занять у програмі Autodesk Revit в умовах введення воєнного стану та дистанційної форми навчання. Описано програмний комплекс, яким користувалися при викладенні матеріалу. Розглянуто основні фактори, які впливали на зміну сприйняття студентами навчального матеріалу. Запропонований підхід викладання курсу Autodesk Revit базується на використанні найдоступніших ресурсів для сприймання інформації. Описаний процес оцінювання знань студентів після проходження курсу, що вбачає різні можливості студентів виконання завдань.

Ключові слова: BIM-технології; Autodesk Revit; освітній процес; лабораторні роботи; дистанційне навчання; воєнний стан.

Постановка проблеми. В умовах війни та введення воєнного стану, студенти та викладачі не мають можливості бути присутніми на заняттях у закладах освіти. Постійні загрози ракетних обстрілів унеможливають проведення аудиторних занять, через вірогідність потрапляння снаряду у приміщення та загрози для життя і здоров'я присутніх на заняттях людей. Також попередження ракетного обстрілу супроводжується звуковим сигналом протиповітряної тривоги, який сповіщає про необхідність негайного прямування до найближчого укриття, де необхідно знаходитися до зникнення загрози. Ці звуки постійної загрози призводять до стресу, що погано впливає на емоційний та психологічний стан будь-якої особи. Також, через активні воєнні дії та пошкоджене житло, багато людей вимушені змінювати місце постійного перебування на більш безпечне у межах країни або виїжджати за кордон. При переїздах, в критичних умовах, зазвичай використовується тривожна валіза в якій зберігаються речі першої необхідності: документи, гроші, телефон, аптечка та сухпайок. Габаритні та громіздкі речі, такі як стаціонарний комп'ютер, підручники, зошити, тощо, залишаються вдома, щоб не втрачати мобільність. Відповідно усі ці фактори змушують змінювати формат занять з аудиторного типу на дистанційний та шукати нові шляхи передання інформації, вимагають розробки нових завдань та критеріїв оцінювання.

Аналіз останніх досліджень. Дистанційний формат занять, який передбачає отримання освіти без фізичної присутності не є новим. І за останні декілька років вийшов на новий рівень, у зв'язку із всесвітньою пандемією вірусу SARS-Cov-2, що викликає хворобу COVID-19. Дослідженню дистанційного викладання було посвячено багато робіт [1-4].

Формулювання цілей (Постановка завдання). Під час активних воєнних дій учні та викладачі вимушені евакуюватися в більш безпечніші регіони країни. Переїжджаючи на нове місце проживання студенти часто втрачають можливість вчасно виходити на зв'язок, а через відсутність комп'ютеру виконувати завдання. Описані проблеми призвели до необхідності створення нового формату викладання занять в незалежності від обставин та можливості вчасно працювати. Нами було розроблено курс “Робота у комп'ютерній програмі Revit” у дистанційному форматі [5]. Також була розроблена система варіативних завдань для отримання підтвердження проходження курсу та перевірки набутих знань і навичок. Мета цієї публікації полягає у викладенні запропонованого підходу роботи зі студентами при дистанційній формі навчання.

Основна частина. Ціллю проходження курсу “Робота у комп'ютерній програмі Revit” [5] є вивчення основних інструментаріїв програми. Викладання програми Revit відбувалося на прикладі створення BIM моделі двоповерхового будинку рис. 1 та полягало у поділі курсу на три логічні етапи:

1. Теоретичне викладення матеріалу;
2. Практичне закріплення матеріалу;
3. Оцінювання пройденого матеріалу.



Рис. 1. Перспективне зображення двоповерхового будинку

Теоретичний етап полягав у поясненні та покрокового створенні моделі будинку за планом першого поверху рис. 2, на якому нанесені розміри між координатними осями та габаритні розміри стін.

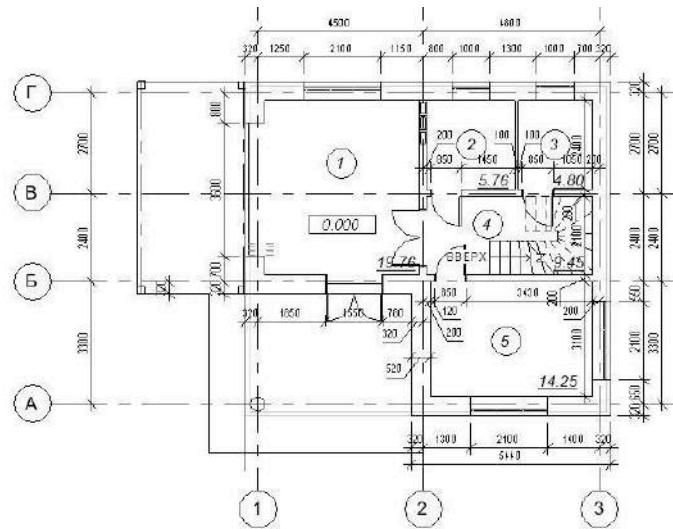


Рис. 2. План першого поверху двоповерхового будинку

У перші дні війни викладення матеріалу та зв'язок зі студентами відбувався за допомогою програми Microsoft Teams, до якої є доступ у всіх студентів та викладачів. Для проведення занять було створено команди для академічних груп студентів. Старости приєднували до класів всіх інших студентів з груп. На головній сторінці групи, у день та час заняття створювалася нарада, до якої приєднувалися студенти.

Заняття проходили наступним чином: викладач вмикав демонстрацію свого екрану з розгорнутою програмою Revit та починав запис заняття. Студенти, одночасно з викладачем, виконували побудову моделі, задавали питання, а при неможливості повторювати, слухали запис заняття та виконували завдання у вільний час.

На жаль, часті сирени, низька присутність студентів у межах 0 - 10% від загальної кількості у групі, нестабільне інтернет з'єднання та низька якість запису занять у Microsoft Teams, призвели до висновку про зміну формату занять. Було прийнято рішення зробити окремо відеозапис занять по темах і завантажити їх на доступний ресурс для всіх зчитуючих устрійств. Загалом було записано 20 відео-занять.

Оскільки якість запису з екрану у Microsoft Teams була гіршою, ніж сама трансляція (втрата чіткості запису та видимі ривки мишею при її переміщенні), запис з екрану проводився за допомогою програми Bandicam [6]. Ця програма спеціально призначена для створення скріншотів та запису відео з екрану комп'ютера. Також у деяких студентів були технічні проблеми зі входом до Microsoft Teams. Дехто був взагалі без комп'ютеру і єдиним можливим пристроєм для сприйняття навчального матеріалу був смартфон. Тому, за платформу обміну інформацією був обраний YouTube — відеохостинг, що надає послуги зберігання та показу відео. Це надало необмежену можливість збереження відео-занять і користування ними у будь який час. Всі відео були зібрані у єдиний Плейлист "Робота у програмі Revit" по хронології тем занять.

Посилання на цей плейлист було розширене між студентами у групі Tims та у месенджерах, на кшталт Telegram та Viber

Заставкою до відео-занять було обрано скріншот з основною темою заняття та жовтим кольором позначено фон для назви відео рис.3. Жовтий колір був обраний не випадково, бо у кольоротерапії жовтий використовується для лікування депресії [7], а під час війни, навіть дрібниці можуть покращити психологічний стан студентів.

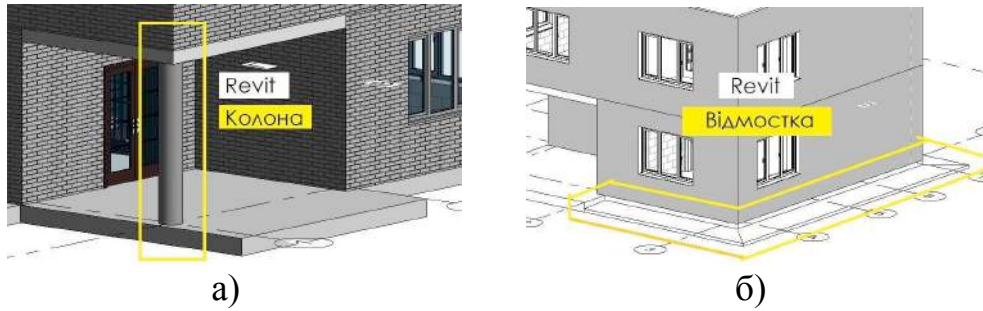


Рис.3. Заставка до відео-занять з курсу Revit.
а) колонна; б) відмостка.

Етап практичного закріплення матеріалу полягав у самостійній побудові моделі будинку за завданням та аксонометрією рис.4.

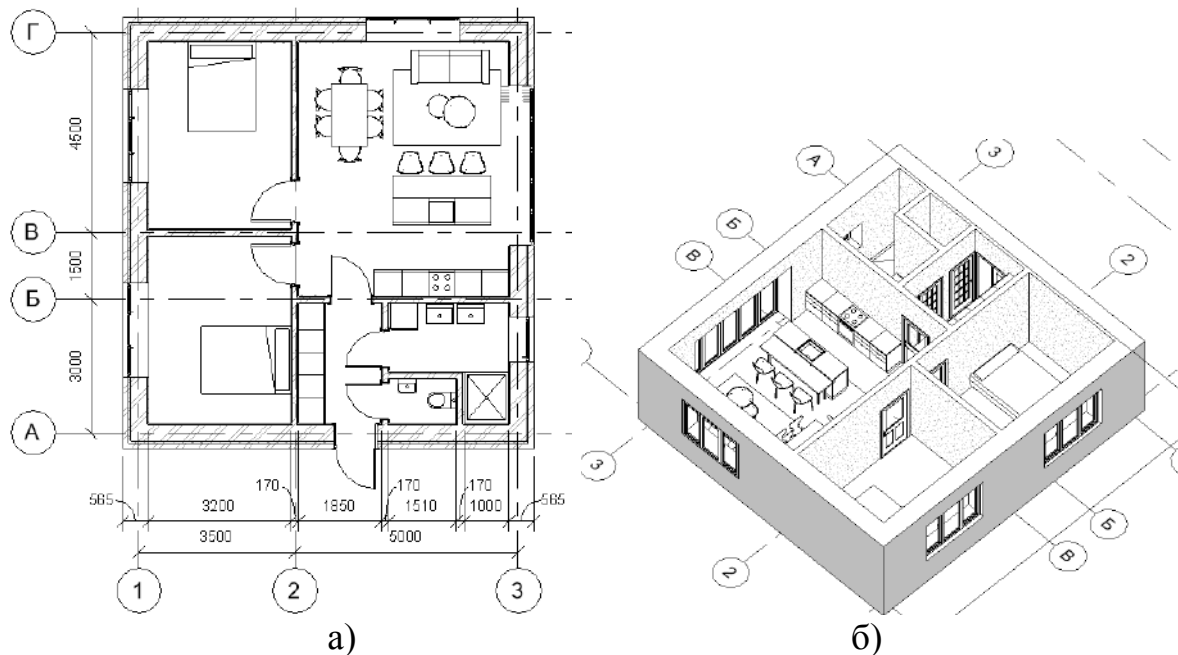


Рис.4. Завдання для самостійного опрацювання
а) план першого поверху; б) аксонометрія до завдання

Оцінювання пройденого матеріалу було побудовано наступним чином:

- студенти, які мали можливість працювати за комп'ютером у програмі, відправляли роботи на перевірку у форматі PDF та скріни з екрану з розгорнутою програмою;

- студенти, які не мали змоги працювати з комп'ютером, писали конспект тез по відео-заняттям та відправляли фотографії конспекту на перевірку та відповідали на запитання.

Висновки. Завдяки швидкому реагуванню на події в країні та активному вживанню інтернет-технологій, вдалося досягти гарних результатів роботи зі студентами, навіть з дисципліни, яка потребує значного часу на освоєння та обов'язкового комп'ютерного обладнання із встановленим специфічним програмним забезпеченням. Планується розширити програму відео-занять для більшої варіативності завдань для студентів різних спеціальностей та використовувати при оцінюванні сервіс Google Forms.

Подяка. Компанія Autodesk однозначно висловила свою позицію, щодо вторгнення росії на територію суверенної України. Засудила дії агресора, призупинила бізнес в росії та дотримується всіх санкцій [8].

Бібліографічний список

1. *Самолук Н.; Швець М.*, Актуальність і проблемність дистанційного навчання // Нова педагогічна думка. - 2013. - № 1.1. - С. 193. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd_2013_1_50
2. *Головська І.Г., Чернева Т.М* Психологічні особливості розвитку мотивації навчання студентів в умовах дистанційного навчання. Матеріали II Всеукраїнської наукової інтернет-конференції “ Актуальні проблеми сучасної психології” 15 жовтня 2021 року
3. *Гарєєва Ф., Чурсанова М.* Інноваційні технології в організації навчання під час пандемії Covid-19: досвід університетів світу 2021. УДК 378.018.43:614.46](045)
4. *Ткаченко. Л. В., Хмельницька О. С.* Особливості впровадження дистанційного навчання освітній процес закладу вищої освіти. 2021 р., № 75, Т. 3. DOI <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2021.75-3.18>
5. Посилання до плейлисту Робота у программі Revit URL: <https://youtube.com/playlist?list=PLqSFydx4Lu4O0kLcFwZPztoHHF1zCVJ1n>
6. Дописувачі Вікіпедії. Bandicam [Інтернет]. Українська Вікіпедія [цитовано 14.06.2022]; Доступно із: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Bandicam>
7. *Гёте, И. В.* (2012). Учение о цвете. Теория познания. М.: Либроком. (Goethe J. W. (2012). The doctrine of color. Knowledge theory. M.: Librockom).
8. Autodesk PR. Responding to the crisis in Ukraine. (3 March 2022, Updated March 28, 2022) URL: <https://adsknews.autodesk.com/views/crisis-in-ukraine>

ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕСТУВАННЯ ETL ПРОЦЕСУ БАЗ ДАНИХ

Лісова Д.М., студентка 5 курсу, група ІКМ-221в,
Матюшенко М.В., д.т.н., доцент,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
(м. Харків, Україна)

***Анотація** – у статті проаналізовано основні етапи створення архітектури бази даних та її тестування на етапі налаштування ETL. Актуальність полягає в необхідності поліпшення якості розробляемого продукту, а саме реляційної бази, адже дефекти в даних та некоректні калькуляції досить важко виявити на великому об'ємі інформації який обробляється та завантажуються. В роботі враховані підходи до тестування не лише статичних даних, але і ETL, тобто процесу завантаження та обробки датасетів.*

***Ключові слова** – реляційна база даних, тестування, СУБД, тестування, ETL, датасет.*

Постановка проблеми. ETL – аббревіатура від Extract, Transform, Load, саме цей процес відповідає за наповнення бази інформацією, тобто за завантаження датасетів. Це не тільки процес перенесення даних з одного сховища до іншого, але й інструмент підготовки їх до аналізу.

Привести всі дані до єдиної системи значень та деталізації, забезпечивши їх якість та надійність є першою задачею ETL процесу.

Забезпечити аудиторський слід при перетворенні (Transform) даних, щоб після перетворення можна було зрозуміти, з яких вихідних даних і сум зібрався кожен рядок перетворених даних, можна віднести до другої мети [1].

Тестування при імplementації системи що вирішує ці задачі є вкрай необхідним, особливо якщо ви пишете ETL-процес вручну, або робите його з використанням фреймворків низької готовності, в яких не задана готова структура проміжних таблиць.

Легко пропустити друге завдання і мати багато проблем з пошуком причин помилок у трансформованих даних.

Тож ETL потребує особливого підходу до тестування, адже не потрапляє під стандартні техніки тест-дизайну. Саме основні опорні точки тест-плану для цього процесу будуть описані в даній статті.

Аналіз останніх досліджень. Джефф Теобальд виділяє, що при проведенні тестування сховища варто зосередити увагу на таких аспектах [2]:

- Повнота даних;
- Перетворення даних;
- Якість даних;
- Продуктивність та масштабованість;
- Тестування інтеграції;
- Оцінка ступеня прийняття програми користувачами (User-Acceptance Testing (UAT));

Однією з головних проблем є не лише результат процесу тестування, але і особливості його проведення. До важливого моменту відносять необхідність у синхронізації продуктового та тестового контурів [3].

Формулювання цілей статті. Мета публікації полягає у виділенні опорних підходів до створення тестової стратегії для ETL процесу.

Основна частина. Аналіз базується на прикладі реляційної бази даних. Для маніпуляцій з інформацією використано засоби SQL.

При тестуванні процесу завантаження даних необхідно пам'ятати такі не очевидні моменти, що:

- Потрібно враховувати вимоги бізнесу щодо тривалості всього процесу ітерацій ETL для більш точного відслідковування періодичності проведення тестів.

- Дані можуть завантажуватися хвилюю, що набігає, - з послідовним оновленням даних одного і того ж періоду в майбутньому протягом декількох послідовних періодів. (наприклад: оновлення прогнозу закінчення року щомісяця). Тому крім довідника «Період» є необхідний технічний довідник «Період завантаження», який дозволить ізолювати процеси завантаження даних у різних періодах і не втратити історію зміни цифр, що є вдалим рішенням для перевірки.

- Необхідне імітування негативних тест-кейсів. Наприклад: зімітувати ситуацію, що файл не виклали на початок ETL; delimiter використовується у значенні ключового поля; використання некоректного лагаути.

Тож варто виділити прийоми тестування на практиці.

Одним з основних тестів повноти даних є перевірка того, щоб всі дані завантажені в сховище. Це включає в себе порівняння кількості записів між вихідними даними, даними, завантаженими у сховище, та відхиленнями.

Перевірка того, чи коректно перетворюються дані відповідно до бізнес-правил, може бути складною частиною тестування ETL-додатків. Один з типових методів - це вибрати кілька записів і "дивитися їх і порівнювати", тобто вручну перевіряти правильність перетворення [4]. Це може бути корисним, але вимагає наявності тестувальників, які розуміють логіку ETL-процесу. Поєднання автоматизованого профілювання даних та

автоматизованого перенесення даних є більш довгостроковою стратегією. Виділено кілька простих методів автоматизованого перенесення даних:

- Створення електронних таблиць з варіантами вхідних даних та очікуваних результатів, які потім показуються клієнтам для перевірки. Цей відмінний підхід до виявлення вимог при проектуванні, він також може бути використаний під час тестування.
- Створення тестових даних, яке включає всі сценарії.
- Використання результатів профілювання даних для того, щоб порівняти діапазон і розподіл значень у кожному полі між вихідними та цільовими даними.
- Перевірка відповідності типів даних у сховищі його архітектури та/або моделі даних.

В даному випадку доцільно використовувати SQL конструкцію Field-to-field, яка може виглядати таким чином:

```
sum(iff ( ifnull (t1.value_from_db_table, '1900-12-31') <> ifnull (t2.value_from_qa_table, '1900-12-31'), 1,0)) as "test"
```

Тобто відбувається порівняння даних з тестової таблиці та вже завантажених даних. Така конструкція дозволяє вирахувати кількість записів, які не співпадають.

Для успіху в тестуванні якості даних слід включати максимально можливу кількість сценаріїв даних [5]. Зазвичай правила для забезпечення якості даних визначаються на стадії проектування, наприклад:

- Відхилити запис, якщо певне десяткове поле має нечислові дані.
- Підставити нульове значення, якщо певне десяткове поле має нечислове значення.
- Перевірити та за необхідності виправити поле «Штат» на основі поштового індексу.
- Порівняти код продукту з даними у довідковій таблиці, і якщо збігу немає, у будь-якому випадку зробити завантаження, але при цьому повідомити користувачів.

Оскільки обсяг даних у сховищі зростає, очікується збільшення часу завантаження та виконання запитів. Цей процес може бути прискорений за наявності надійної технічної архітектури та моделі ETL-процесу. Метою тестування є виявлення будь-яких потенційних недоліків в архітектурі ETL, таких як читання файлу кілька разів або створення непотрібних тимчасових файлів [6]. Наступні стратегії допоможуть виявити проблеми з продуктивністю:

- Завантаження бази даних з максимально очікуваним обсягом даних у режимі промислової експлуатації, щоб цей обсяг міг бути завантажений у рамках узгодженого вікна.
- Порівняння часу завантаження цих ETL-процесів із завантаженням при менших обсягах даних, щоб передбачити проблеми масштабованості.

- Виявлення часу відхилення процесу визначення обсягів відхилених даних.

Отже, на базі поданих вище тест-кейсів розглянуто варіанти підходу до тестування ETL.

Висновки. У даній статті наведено варіанти тестування ключових вимог до ETL. Застосування цих рекомендацій у процесі розробки та тестування сховищ даних гарантує якість продукту на виході та допоможе запобігти дорогим помилкам, які можуть виникнути в режимі промислової експлуатації системи.

Перспективою подальшого дослідження є автоматизація наведених підходів шляхом проектування автотестів на основі засобів pytest та Jenkins. Ця система призначена для забезпечення процесу безперервної інтеграції програмного забезпечення.

Крім цього, звичайно в реальних системах є ще сервісні процеси — авторизації, розмежування доступу до даних, автоматизоване узгодження змін, які також мають свої особливості тестування.

Також важливо буде приділити увагу тестуванню системної інтеграції, яке включає тестування компонентів системи окремо і подальшу інтеграцію модулів.

Бібліографічний список

1. Codd E. F. Is Your DBMS Really Relational? USA, ComputerWorld. 152 с.
2. Jeff Theobald Strategies for Testing Data Warehouse Applications. URL: <https://www.information-management.com/news/strategies-for-testing-data-warehouse-applications>
3. Семенова І.І. SQL СТАНДАРТ В СУБД MS SQL SERVER, ORACLE, VFP И ACCESS: МАНИПУЛЮВАННЯ ДАНИМИ. Омськ: СибАДИ, 2008. 57 с.
4. Ralph Kimball, Joe Caserta The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning. USA: Wiley, 2004. 528 с.
5. Рекс Блек Основні процеси тестування. Планування, підготовка, проведення, вдосконалення. Москва: Лори, 2011. 544 с.
6. Erik Thomsen OLAP Solutions: Building Multidimensional Information Systems. USA: Wiley, 2004. 608 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА

Воробйов О.О.,¹ учень,

Голова О.О., к.т.н., доцент,

Луданов Д.К., старший викладач,

Яблонський П.М., к.т.н., доцент,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(м. Київ, Україна)

¹ ЗЗСО №135

Анотація. У статті розглянуто можливість розробки дистанційного керування роботизованим маніпулятором за допомогою лінійних двигунів з метою підвищення точності та свободи дій спеціаліста.

Ключові слова – роботизовані маніпулятори, прихват, дистанційне керування, лінійні двигуни, гнучкий маніпулятор, гнучкий вал.

Постановка проблеми. Роботизовані маніпулятори все більше використовуються у виробничих процесах усіх галузей промисловості, а саме: в упаковці в якості роботизованих навантажувачів в сегментах прокатного виробництва та харчової промисловості; в якості роботизованих наклеювачів етикеток при виробництві паперу; для фарбування, обробки та сортування в деревообробній промисловості; для виконання операцій з металевими виробами на сталеливарних заводах та металургічних комбінатах. Крім того, роботизовані маніпулятори широко використовуються в медицині, зокрема, в хірургії, де дозволяють виконувати складні операційні втручання, такі як зшивання нервів та судин [1-2]. Також роботизовані маніпулятори активно використовуються в археології для ретельного очищення археологічних знахідок [3].

Роботизовані маніпулятори розширюють спектр можливостей спеціаліста, який ними керує, а запропоноване у роботі вдосконалення їх конструкції підвищує гнучкість і ступінь свободи маніпулятора, що значно покращить якість та точність виконання завдань.

Аналіз останніх досліджень. Завдяки використанню роботизованих маніпуляторів британський металургійний завод Teesside Mill є найефективнішим сталеливарним заводом у світі: на жодному етапі виробництва не використовується ручна праця, а роботизовані маніпулятори виконують всі операції зі сталевими виробами [2]. Зокрема, роботизовані маніпулятори шарнірної конструкції мають поворотні з'єднання, число яких може змінюватись від двох до 10 або більше.

Маніпулятори такого типу монтуються на основі, що обертається. Сегменти маніпулятора з'єднані поворотними шарнірами, а кожне з'єднання називається віссю та забезпечує додатковий ступінь свободи. Промислові роботизовані маніпулятори зазвичай мають чотири або шість осей [4-6].

Роботизовані маніпулятори, які використовуються в археології, також нагадують автоматизовані механізми на заводах, за їх допомогою можна знімати ґрунт і проводити очищення скам'янілостей, склеювання деталей, вилучення окремих фрагментів. Зразком такого типу роботів є маніпулятор KUKA LBR iiwa, який здатний здійснювати дрібні дії за допомогою кистей та скребків. У людини така робота може зайняти велику кількість часу, тоді як роботизований маніпулятор здатний у цілодобовому режимі очистити скелет велоцираптора. Крім того, цей робот фотографує всі ділянки об'єкта в HD-форматі, фіксує зміни та проводить радіовуглецевий аналіз [3].

Формування цілей статті. Розробити можливість дистанційного керування роботизованим маніпулятором за допомогою лінійних двигунів.

Основна частина. В медицині провідною компанією у галузі роботизованої ендоскопії є американська компанія Intuitive Surgical, яка розробила роботизовану хірургічну систему Da Vinci Surgical System [1]. Для взаємодії з пацієнтом ця система використовує комплекс інструментів EndoWrist, який має усі необхідні інструменти для ендоскопічної хірургії, такі, як голкотримачі, степлери, затискачі, тримачі, ножиці, скальпелі (рис. 1). В традиційній і роботизованій хірургії існують два типи ендоскопів: прямі і гнучкі. Гнучкі ендоскопи застосовуються у складніших втручаннях, де потрібно більша рухомість маніпулятора. Основною частиною ендоскопів усіх типів є рука маніпулятора, безпосередньо до якої закріплюється хірургічний інструмент.

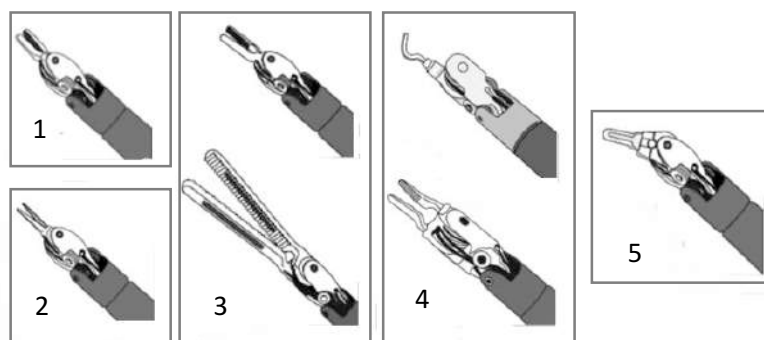


Рис.1 Приклади інструментів хірургічної системи:

1 – голкотримач; 2 – ножиці; 3 – зажими; 4 – коагулятори; 5 – скальпель.

Водночас в такій конструкції спостерігається дещо обмежений ступінь свободи, що, в свою чергу, звужує можливості для виконання поставленого технологічного або хірургічного завдання.

Задля надання спеціалісту, який керує маніпулятором, можливості дистанційного керування приладом нами було запропоновано впровадити в базову конструкцію (рис. 2) чотири пари лінійних двигунів для бездротового керування прихватом роботизованого маніпулятора (рис. 3).

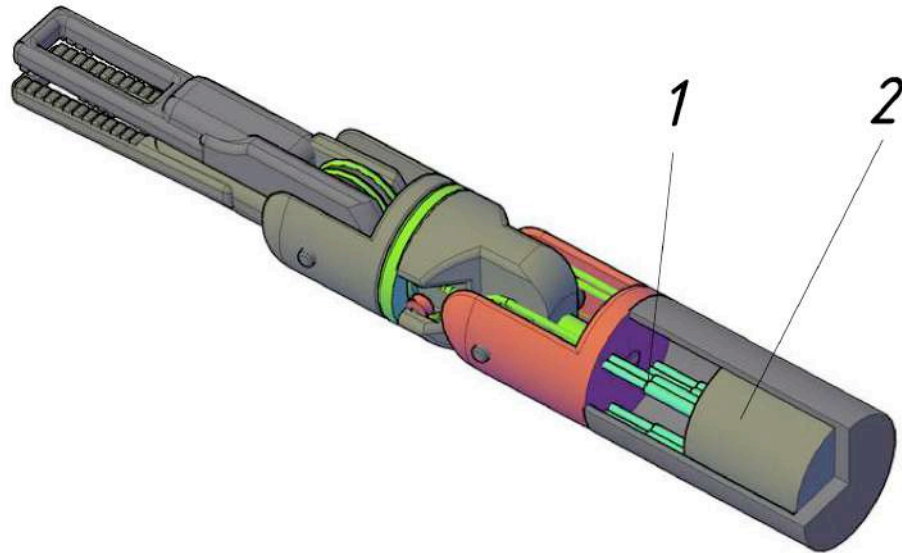


Рис.2 Базова конструкція роботизованого маніпулятора:
1 – лінійні двигуни; 2 – блок керування.

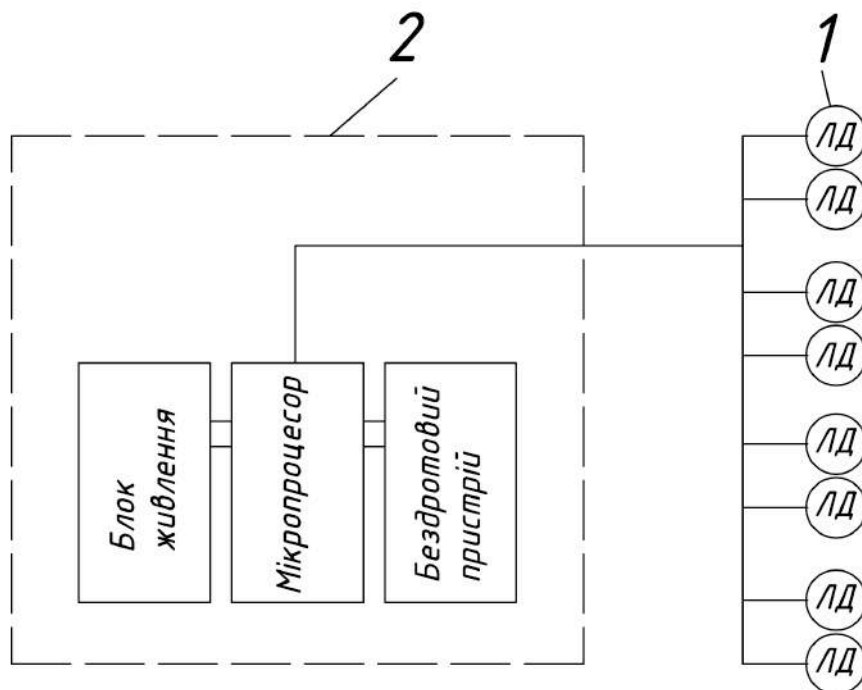


Рис.3 Блок-схема бездротового керування прихватом маніпулятора:
1 – лінійні двигуни; 2 – блок керування.

Управління прихватом роботизованого маніпулятора здійснюється за рахунок подачі керуючого сигналу до бездротового пристрою, до мікропроцесору і, далі, до одного з мікроконтролерів, який керує парою лінійних двигунів. При цьому, кожна пара лінійних двигунів рухає тяги, які відповідають за кожний ступінь свободи прихвата роботизованого маніпулятора.

Порівняно з базовою версією, у запропонованій нами конструкції з'явилася можливість дистанційного керування прихватом роботизованого маніпулятора.

Висновки. Стаття розглядає можливість розробки дистанційного керування роботизованим маніпулятором за допомогою лінійних двигунів з метою підвищення точності та свободи дій спеціаліста, що призведе до полегшення виконання завдань в медицині та на виробництві. Вдосконалення роботизованих маніпуляторів та їх впровадження у серійному виробництві з повним циклом виготовлення продукту надасть змогу замінити всі етапи з важкими умовами праці та процеси, що вимагають високої точності. Тому дана робота може стати основою для подальших винаходів і проектів, спрямованих на подальше покращення якості роботи роботизованих маніпуляторів.

Бібліографічний список

1. Вдосконалення кінцівок роботизованої хірургічної системи. Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit11-01/meit11-01>
2. Tees Valley | Digital Strategy [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://teesvalley-ca.gov.uk/wp-content/uploads/2022/01/Item-8-Digital-Strategy.pdf>
3. Tech by Vice [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vice.com/en/article/kbz9dx/indiana-robot>
4. Studying ACL injuries with a robot at UCLA Strategy [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.youtube.com/watch?v=9OAuvXuRlu8&ab_channel=UCLA
5. Design World [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://issuu.com/wtwhmedia/docs/design_world_january_2016
6. Gizmodo [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://gizmodo.com/these-cute-robots-fix-problems-in-nuclear-reactors-1774385340>

**ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ
СТУДЕНТІВ ПРИ ВИКЛАДАННІ ІННОВАЦІЙНОГО КУРСУ
«ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» НА ПРИКЛАДІ
ТЕМИ «НЕРОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ»**

Гнітецька Т.В., к.т.н., доцент,

Гнітецька Г.О., к.пед.н., доцент,

Коніков Д.А., студент

Бабій В.В., студент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

(Україна, м. Київ)

***Анотація** – у статті описано досвід організації навчання студентів при викладанні інноваційного курсу «Інженерна і комп'ютерна графіка» на прикладі теми «Нероз'ємні з'єднання. Складальний кресленик» з використанням графічного редактора AutoCAD.*

***Ключові слова** – інженерна графіка, комп'ютерна графіка, професійні компетентності, інформаційно-комп'ютерні технології, системи автоматизованого проектування*

Постановка проблеми. Інженерна графіка є однією з основних дисциплін, які вивчаються студентами першого курсу технічного вищого навчального закладу. Саме вона закладає основи професійної підготовки студентів, формує технічне мислення майбутніх інженерів. На даний час у більшості технічних навчальних закладів цей курс викладається традиційно напрацьованими методиками з інтеграцією в робочі програми дисципліни елементів комп'ютерної графіки. Проте на переважній більшості підприємств, де працюють випускники технічних вузів, пройшла переорієнтація на інформаційно-комп'ютерні технології. Це відобразилось на способах створення проектно-конструкторської документації. Тобто з'явився запит на суттєве розширення спектру професійних компетентностей випускників технічних навчальних закладів. Тому актуальною є задача осучаснення сілабусів інженерно-графічних дисциплін за рахунок більш широкого використання інформаційно-комп'ютерних технологій і сучасних САПР та створення їх інноваційних курсів.

Аналіз останніх досліджень. В багатьох публікаціях щодо перспектив викладання інженерно-графічних дисциплін у вищих навчальних закладах обговорюється питання осучаснення їх змісту і методики. Автори цих публікацій, що є кваліфікованими педагогами з великим досвідом роботи на відповідних кафедрах, висловлюють думку

про раціональне і більш широке запровадження у практику навчального процесу систем автоматизованого проектування, які становлять найбільш важливий компонент сучасного виробництва.

Формулювання цілей. Метою роботи є демонстрація особливостей оволодіння студентами сучасними інформаційними технологіями в процесі вивчення інноваційного курсу «Інженерна і комп'ютерна графіка» та їх вплив на формування професійних компетентностей студентів на прикладі однієї з тем курсу «З'єднання нероз'ємні».

Основна частина. В основі створення інноваційних курсів інженерно-графічних дисциплін є переорієнтація на використання хмарних технологій [1, 2]. На кафедрі НГіКГ НТУУ «КПІ» було розроблено новий інноваційний курс «Інженерна і комп'ютерна графіка», який було визнано Методичною радою НТУУ «КПІ» інформаційним ресурсом і розміщено для користування студентами на платформі дистанційного навчання «Сікорський». Курс містить 14 відеолекцій, записаних на тлі САПР AutoCAD, супроводжується методичним забезпеченням курсу та варіантами завдань. Відеолекції містять як теоретичний, так і практичний матеріал з покроковим поясненням виконання графічних робіт та прикладами їх виконання. Використання САПР при проектуванні різних об'єктів промислового виробництва дозволяє оптимізувати роботу інженерів, суттєво скоротити терміни проектних робіт та виготовлення проектно-конструкторської документації, підвищити її якість. Тому в курсі значна увага приділяється питанням оволодіння студентами можливостями САПР AutoCAD та, зокрема, засобами створення електронної конструкторської документації з паралельним вивченням вимог нормативної документації. Особлива увага в курсі приділяється питанню тривимірного моделювання. 3D моделі використовуються в практиці сучасного виробництва як для створення традиційної проектно-конструкторської документації, так і як окремий технологічний процес виготовлення виробів без додаткових креслеників на 3D принтерах. Це ще один напрямок проектування, який інтенсивно розвивається в усьому світі. Перехід на тривимірне комп'ютерне моделювання дозволяє задіяти нові інформаційно-комп'ютерні технології, як в проектуванні, так і у виготовленні об'єктів промислового виробництва. Процеси створення проектно-конструкторської документації кардинально змінились і суттєво прискорились. З'явилися нові проектно-конструкторські документи: електронна модель деталі (ЕМД), електронна модель складанної одиниці (ЕМСО), електронна модель структури виробу (ЕМСВ) і ін.. Ці документи і 3D друк на 3D принтерах стали невід'ємною частиною сучасного виробництва. САПР AutoCAD дозволяє створювати 3D моделі декількома способами. Одним із таких способів є формоутворення моделей за допомогою плоских замкнутих контурів з наступним використанням операцій виштовхування, зсуву, обертання, лофтингу. Широке застосування в курсі приділяється параметризації форм. Метод

параметризації дозволяє працювати саме з плоскими формами на підготовчому для 3D моделювання етапі [3, 4, 5]. Це дозволяє значно розширити можливості управління формою об'єктів. Інший спосіб – це використання бібліотеки базових форм стандартних геометричних об'єктів, яку пропонує графічний редактор, з відповідною зміною їх параметрів користувачем. Для отримання більш геометрично складної форми 3D моделі і одним і другим способом можуть створюватись проміжні елементи конструкції, які відповідним чином з'єднуються між собою за допомогою логічних операцій об'єднання, віднімання, перетину. Інноваційний курс «Інженерна і комп'ютерна графіка» побудовано таким чином, що як тільки студенти оволодівають знаннями по створенню шаблону електронного документа з відповідними налаштуваннями щодо діючих на території України стандартів, основними командами побудови і редагування графічних примітивів, вони відразу починають оволодівати способами 3D моделювання та побудови на їх основі проєкційних креслеників, використовуючи відповідні стандартні зображення (види, прості і складні розрізи, місцеві розрізи, перерізи, ін). При цьому основна увага в навчальному процесі спрямовується не стільки на вміння використовувати засоби графічного редактора для виконання графічних робіт, скільки на вивчення фундаментальних положень інженерної графіки та нормативної документації. Можливості графічного редактора розглядаються як відповідні інструменти, що необхідні для отримання потрібного результату в процесі оволодіння студентами фундаментальними положеннями курсу. Тому, при необхідності створення складанної одиниці власноруч для виконання графічної роботи, наприклад, «Нероз'ємні з'єднання», студенти уже мають достатній комплекс знань, щоб виконати цю роботу за заданими умовами і варіантом. Розглянемо послідовність виконання завдання:

- аналізується завдання, створюється специфікація (визначаються її розділи та їх наповнюваність);
- створюється 3D моделі корпусу, втулок, стрижнів, прокладки складанної одиниці. При цьому студенти використовують пласку модель деталі, яка виконувалась ними в одній з попередніх тем курсу. Застосовується операція виштовхування та застосування базових форм;
- виконується операція 3D моделювання складанної одиниці (рис.1);
- виконуються зображення складального кресленика (рис. 2).
- зображаються та позначаються шви з'єднань, виконаних паянням (лютуванням), зварюванням і склеюванням. Виконується дооформлення роботи.

Структуру курсу було вибудовано таким чином, що кожний наступний етап отримання студентами нової навчальної інформації, спирався на попередньо отримані знання, використовуючи і закріплюючи їх шляхом самостійної діяльності студентів. Це значно підвищує якість

навчального процесу, за рахунок ефективної самостійної діяльності студентів та налагодження партнерських стосунків між студентами і викладачем. Зворотній зв'язок зі студентами дозволяє управляти навчальним процесом.

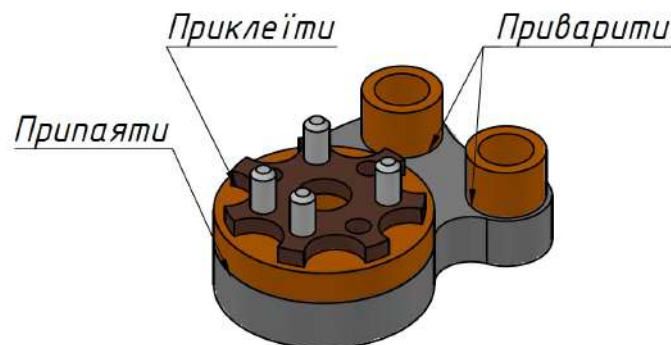


Рис.1. Зображення 3D моделі умовної складанної одиниці, окремі деталі якої з'єднуються паянням (лютуванням), склеюванням, зварюванням.

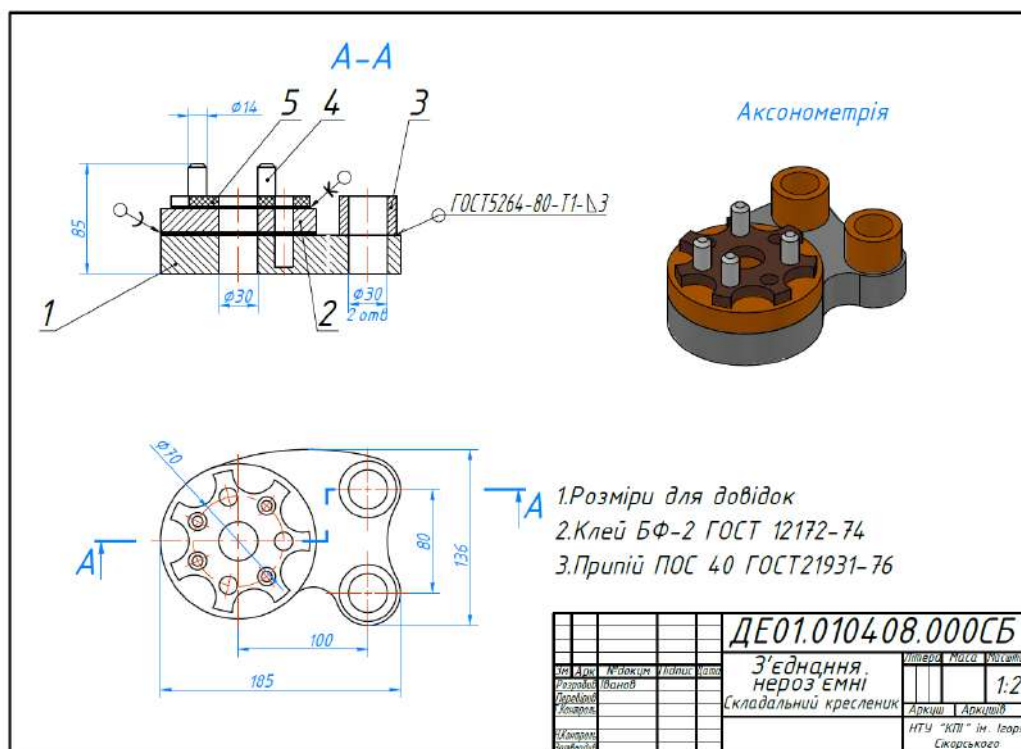


Рис. 2. Зображення складального кресленика складанної одиниці за одним із варіантів завдань

Висновки. Основною педагогічною метою створеного інноваційного курсу «Інженерна і комп'ютерна графіка» є переорієнтація на більш глибоке оволодіння студентами сучасними системами автоматизованого проектування, такими як САПР AutoCAD, в частині отримання навичок тривимірного моделювання та створення на його основі робочої конструкторської документації. При апробації курсу було відмічено

інтенсифікацію навчального процесу за рахунок вилучення рутинних процедур при виконанні креслеників вручну, підвищену мотивацію студентів щодо вивчення навчального матеріалу курсу та більш якісне оволодіння навчальним матеріалом. Ефективність навчання підвищується також за рахунок великої кількості наочності. В кожній темі студентами власноруч виконуються 3D моделі на основі проєкційних, чи аксонометричних креслеників. В результаті було відмічено більш глибоке розуміння студентами тем курсу. Перевагами комп'ютерного 3D моделювання є і те, що, при необхідності, є можливість швидкої трансформації моделі в проєкційний кресленик з побудовою необхідних зображень (видів, розрізів, перерізів, ін.). При цьому значно зменшується трудомісткість процесів створення робочої документації, значно підвищується її якість. 3D моделювання використовується і в інших галузях людської діяльності для моделювання явищ, процесів, ін. Тому набуття студентами професійних компетентностей в галузі 3D моделювання дозволить їм використовувати отримані знання при вивченні інших технічних дисциплін на старших курсах, в подальшій професійній діяльності та швидше адаптуватись на ринку праці. Тобто уже на першому курсі при вивченні інноваційного курсу «Інженерна і комп'ютерна графіка» студенти набувають важливих професійних компетентностей, які дозволять їм бути успішними в подальшому навчанні і конкурентоспроможними фахівцями.

Бібліографічний список

1. В. Ю. Биков, Д. Мікуловський, О. Моравчик, С. Светський, М. П. Шишкіна, "Використання хмаро орієнтованої платформи відкритого навчання та досліджень для співробітництва у віртуальних колективах", Інформаційні технології і засоби навчання, т.76, No2, с. 304-320, 2020.
2. В.М. Кухаренкота ін., Теорія та практика змішаного навчання : монографія. Харків: «Міськдрук», НТУ «ХПІ», 2016. 284 с.
3. Гнітецька Т.В., Гнітецька Г.О., Мотильов Д.С. Застосування параметризації характерних перетинів об'єктів для опосередкованої параметризації їх 3D моделей в САПР AutoCAD. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, No100, с. 90 - 100, 2021.
4. Гнітецька Т.В., Гнітецька Г.О., Пустовіт Є.О. Використання динамічних блоків для створення електронних бібліотек зображень типових кріпильних елементів ресурсами AutoCAD *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, No100, с. 100 - 109, 2021.
5. Гнітецька Т.В., Гнітецька Г.О. Метод «скелетних конструкцій» для спрощення процесу параметризації в AutoCAD. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, No101, с. 45 - 54, 2021.

КОНСТРУКТИВНЕ ФОРМОТВОРЕННЯ ПОВЕРХНІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТІЛА ЗА ЙОГО ОБРИСАМИ

Ванін В.В., професор,
Грубич М.В., асистент,
Кувшинов О.В., студент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»
(Україна, м. Київ)

Анотація – в час бурхливого росту інформаційних технологій важливо заохочувати студентів до вивчення дисциплін, які розвивають просторову уяву та творчі здібності. До таких дисциплін відноситься нарисна геометрія, тому в статті розглядається процес моделювання, який розвиває навички формотворення геометричних тіл за наперед заданими умовами.

Ключові слова – просторове мислення, геометричне тіло, етапи моделювання, ортогональні проекції, наскрізний отвір, обрис, куб, призма, циліндр, аксонометрична проекція.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток цифрових технологій та технічних засобів проектування витискають з поля зору існуючі традиційні підходи до розв'язку задач, у тому числі геометричних. Проте задачі нарисної геометрії, стимулюють розвиток творчих здібностей та просторового мислення, основою якого є визначення взаємозв'язку між формою об'єкту та його графічним зображенням на ортогональних проекціях [1].

Аналіз останніх досліджень. Скорочення у програмах середньої школи курсу математики та недостатній рівень викладання геометрії призвели до того, що сучасні студенти не вміють оперувати геометричними об'єктами, моделювати логічні ланцюжки алгоритмів побудови тіл у просторі. Тому при вивченні курсу нарисної геометрії та інженерної графіки у студентів виникають значні труднощі при конструюванні поверхонь геометричних тіл з наперед визначеними властивостями.

Формулювання цілей. Вивчення курсу "Нарисна геометрія та інженерна графіка" не можливо уявити без добре розвинутого просторового мислення студента. Тому важливо знаходити засоби розвитку просторових здібностей, що, в свою чергу, також допоможе студентам при вивченні і інших фундаментальних технічних дисциплін [2].

Основна частина. Розглянемо одну із технічних задач, яка ґрунтується на проектуванні геометричної поверхні тіла за його обрисовими параметрами. Так візьмемо пластину з трьома наскрізними отворами. Потрібно сконструювати таке геометричне тіло, обрисами якого могли б служити контури заданих вирізів у пластині. Вирішення цього завдання можна уявити як конструювання такої просторової поверхні, за допомогою якої можна без зазорів закрити послідовно кожен із них. Таке конструктивне завдання може виникнути при виконанні різних технологічних завдань при побудові спряжених поверхонь чи необхідності економії затратного матеріалу. Пошук рішення цієї задачі сприяє розвитку просторової уяви майбутнього інженера, а також вносить в методику геометричного моделювання та наступного розв'язання цієї задачі елементи конструкторського мислення (Рис.1.).

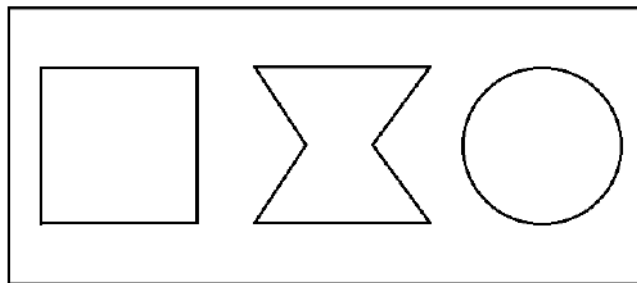


Рис.1. Початкова базова плита завдання

Далі поетапно конструюємо геометричне тіло, задовольняючи наперед задану умову почергового закриття спочатку першого обрису, потім другого і далі третього [3].

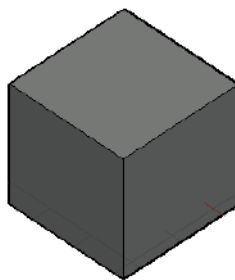


Рис.2. Базова ізометрична проекція куба.

Аналізуючи зображення, з'ясовуємо, що обриси геометричного тіла одночасно повинні мати форму квадрату, шестикутника з певними геометричними властивостями та кола.

Для виконання цієї умови обрис шуканого об'єкту на вигляді спереду повинен мати форму квадрату. Тобто в даному випадку це може бути найпростіша геометрична поверхня у вигляді куба, який буде служити початковою базовою поверхнею для наступних етапів моделювання геометричного тіла (Рис.2).

Далі, порівнюючи обрис поверхні отриманого куба з обрисом наступного отвору, бачимо, що обриси у вигляді квадрату не відповідають умовам моделювання шестикутника з певними властивостями [4].

Для проходження, тобто закриття другого отвору, потрібно виконати два бокових симетричних вирізи, щоб на вигляді спереду отримати профіль заданого шестикутника і поверхню у вигляді призми (Рис.3.).

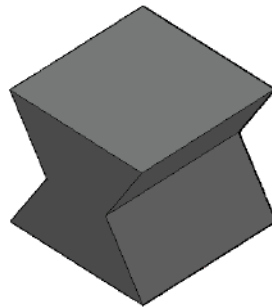


Рис. 3 Наступна призматична поверхня тіла

Тепер отримане тіло, моделюючи його наступний етап конструювання, повертаємо навколо горизонтальної осі на 90° градусів і надаємо йому циліндричну форму з обрисовою лінією у вигляді кола.



Рис.4. Кінцева форма поверхні в аксонометрії

Це буде обрис у вигляді кола, діаметр якого співпадає з розміром третього обрису. Покажемо ізометричну проекцію отриманої поверхні, тобто просторову модель даного тіла (Рис.4). Виконуємо перевірку умови виконання закриття геометричним тілом всіх трьох отворів в базовій пластині і встановлюємо що конструктивні вимоги до отриманої поверхні виконано. Даний етап конструювання можна ефективно продемонструвати, використовуючи сучасні комп'ютерні технології [5].

ВИСНОВКИ

1. Рішення даної задачі сприяє розвитку просторової уяви, а також можливості уявленню форми деталі за трьома її виглядами;
2. Завдання такого типу сприяють розвитку логічного мислення та вільного оперування геометричними об'єктами;
3. Ці, навички в свою чергу, будуть корисним для студентів технічних спеціальностей при читанні креслеників деталей складної форми;

Бібліографічний список

1. Боголюбов С.К., Воинов А.В. Машиностроительное черчение. К.: Вища школа, 1970, - 308 .
2. Борисенко В.Д. Нарисна геометрія. Навчальний посібник / В.Д. Борисенко, О.Г. Бідніченко, В. Ю. Кремсал. – Миколаїв: Дизайн і поліграфія, 2007.- 192 с.
3. Упражнения для развития пространственного мышления студентов и методические указания по их выполнению. В.И. Корабельский, В.П. Юрчук, Киев.: КПИ, 1982, - 63 с.
4. Бубенников А. В. Начертательная геометрия / А. В. Бубенников. – М.: Высшая школа , 1985. – 288 с.
5. Інженерна графіка: підручник для студентів вищих закладів освіти / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; за ред. В.Є. Михайленка. – Львів: Піча Ю.В.; «Кравела»; Львів: «Новий Світ-2000», 2002.- 336 с.

ДВОРІЧНИЙ ДОСВІД РОБОТИ В ОНЛАЙН РЕЖИМІ

Коломийчук Н.М., старший викладач,

Міхлевська Н.В., старший викладач,

Кудлік П.С., студент.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,

(Україна, м. Київ)

Анотація – розглядається питання онлайн навчання студентів на комп'ютерних практикумах і практичних заняття з інженерної та комп'ютерної графіки.

Ключові слова – інженерна та комп'ютерна графіка, комп'ютерний практикум, онлайн навчання.

Постановка проблеми. Завдяки обставинам, які склалися в країні останнім часом, був отриманий неоціненний досвід навчання студентів в онлайн режимі впродовж тривалого часу. Постає питання: як застосувати цей досвід для подальшого навчального процесу? Чи необхідно його взагалі використовувати при переході на класичну форму навчання офлайн.

Формулювання цілей. Люди завжди хочуть вчитися. Підвищення кваліфікації, вивчення іноземних мов, вивчення зовсім нового напрямку у своїй діяльності чи нова робота. Не можна жити на знаннях, які отримали в школі або у вищому навчальному закладі. Весь час з'являється щось нове. Але все це стосується дорослої людини, людини дуже мотивованої та вольової. Ми ж маємо справу з вчорашніми школярами - студентами першого курсу. Тобто людьми зовсім не мотивованими. Вони могли добре вчитися в школі, мати гарні оцінки у навчанні та у звичайному режимі дуже добре навчатися. Але онлайн навчання дає певні коригування в поведінці студента: усидливість, самостійність в виконанні завдання, дисциплінованість й це все присутнє одиницям. Що робити всім іншим студентам, які не можуть швидко переорієнтуватися до онлайн навчання?

Основна частина. Досвід роботи в онлайн режимі показує, що треба дуже добре розробити методичний матеріал до кожного заняття. Лабораторні роботи з комп'ютерної графіки треба обов'язково мати як в методичних вказівках у вигляді докладної побудови, так і відео пояснень. Виконання завдань практичного заняття обов'язково треба пояснювати на

онлайн конференціях з паралельним записом цього заняття і подальшого відсилення групі на пошту чи телеграм для самостійного опрацювання.

Кожне нове практичне заняття повинно починатися з контрольної роботи на 5-10 хвилин. Для того, щоб студент готувався до цієї роботи.

Онлайн лекції – це саме важке. Якщо викласти лекції у вигляді відео, студенти на саму лекцію онлайн не будуть приходити. Тому пропонується після кожної лекції запропонувати студентам скласти тези лекції й вислати викладачу, за які можна отримати додаткові бали. В особистих випадках відсутності студента на лекції, йому надсилається відеолекція.

Мотивація студентів кількістю балів за лабораторні роботи, практичні заняття і тези лекцій дуже мала. Тому пропонуються додаткові бали за швидкість виконання роботи, за якість виконання графічної роботи тощо. Тобто мотивацію навчатися студентам першого курсу можна збільшити тільки додатковими заохочуваними балами та достроковою здачею заліку. Достроковий залік це найбільша мотивація для студентів для виконання завдань з предмету.

Висновки. Досвід показує, що онлайн навчання повинно бути обов'язкове і паралельне до класичного навчання в аудиторії. Накопичений досвід пояснення матеріалу у вигляді відеолекцій та практичних занять може бути використано для заглиблення матеріалу з відповідної теми. Кожен викладач повинен мати бібліотеку відеолекцій по кожній темі, відео лабораторних робіт та відео практичних занять з інженерної графіки як додатковий матеріал. В теперішній час це обов'язковий супроводжувальний матеріал.

Ще раз треба підкреслити, що це повинен мати кожний викладач, бо манера викладання, тембр голосу, до яких студенти звикають повинні зберігатися. Тому мати супроводжувальний матеріал в центральній бібліотеці можна, але це про всяк випадок.

Дуже добре показали себе онлайн консультації. Студенти заходять на конференцію, на якій розглядається тема, і отримує пояснення з демонстрацією рішення цього конкретного завдання. Вся консультація записується у вигляді відео і студент має можливість переглядати цю консультацію знову і знову. Проводити консультації в аудиторії в такому випадку більше немає сенсу.

Бібліографічний список

1. World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com> 2020, No 5, Vol 8.
2. Daniel Pink Drive. The Surprising Truth About What Motivates Us. USA, 2021

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРАВОСЛАВНОМУ ЦЕРКОВНОМУ УПРАВЛІННІ

Терещук М.О., к.т.н.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(м. Київ, Україна)

Анотація – подано деякі аспекти використання комп'ютерного геометричного моделювання для покращення керування складними соціально-економічними системами на прикладі православного церковного управління. Актуальність теми обумовлена важким нинішнім станом у житті українців, зверненням усе більшого їх числа до вічних християнських цінностей. Подані матеріали сприяють удосконаленню існуючих організаційно-територіальних церковних структур, поліпшенню духовно-виховної, волонтерської, просвітницької та іншої богоугодної діяльності. Наш час характеризується значними суспільними змінами, зокрема, проведенням земельної, медичної, освітньої та інших реформ, які стримуються пандемією COVID-19 та розпочатою Росією війною. Завдання даної публікації полягає в описі запропонованого підходу до організаційно-територіального управління кластерними структурами у православ'ї за допомогою комплексних геометричних моделей. Зазначені заходи сприяють прийняттю належних раціональних рішень.

Ключові слова – комплексні геометричні моделі, комп'ютерні інформаційні технології, організаційно-територіальні структури, православ'я, церковне управління.

Постановка проблеми. Складність сучасного життя в Україні, що обумовлена пандемією COVID-19, військовим конфліктом з Росією та іншими негараздами, спричиняє звернення все більшого числа людей до вічних християнських цінностей. Це обумовлює проблему подальшого вдосконалення церковного управління у православ'ї, зокрема, існуючих організаційно-територіальних структур. Вирішенню зазначеного питання сприяє запропонований підхід використання відповідних комплексних, тобто поєднаних з іншими дисциплінами, геометричних моделей.

Аналіз останніх досліджень. Актуальним у нинішньому суспільному житті є завдання створення спроможних територіальних громад, що визначені постановою Кабінету Міністрів України [1]. При цьому необхідно здійснювати ефективне об'єднання наявних адміністративно-територіальних утворень з урахуванням їх географічних, соціально-економічних, культурно-історичних, релігійних та інших

особливостей.

Інноваційний розвиток довільних об'єктів полягає в покращенні їх функціонування за рахунок проведення якісної трансформації, тобто поліпшення структури та зовнішніх зв'язків. Одним із перспективних напрямків для цього стосовно соціально-економічних систем є кластерний підхід [2–4]. Недолік наведених публікацій полягає у відсутності математичного апарату для реалізації запропонованих ідей в середовищі сучасних комп'ютерних інформаційних технологій. Працею [5] обґрунтовано, що продуктивне моделювання забезпечує прийняття раціональних управлінських рішень. У дослідженні [6] вказується на важливість нині згуртованості всіх православних церков.

Формулювання цілей статті. Метою даної праці є загальний опис запропонованої методики моделювання організаційно-територіальних структур православ'я на засадах кластеризації засобами сучасних комп'ютерних інформаційних технологій. Це сприяє прийняттю раціональних рішень у церковному управлінні, економії різних ресурсів (матеріальних, фінансових, людських тощо).

Основна частина. Єпархія, див. рис. 1, становить основу територіальної організації у православ'ї, включає парафії як базові свої складові. Благочиння є адміністративним об'єднанням кількох парафій для покращення церковного управління. Такі заходи значною мірою відповідають кластерному підходу.

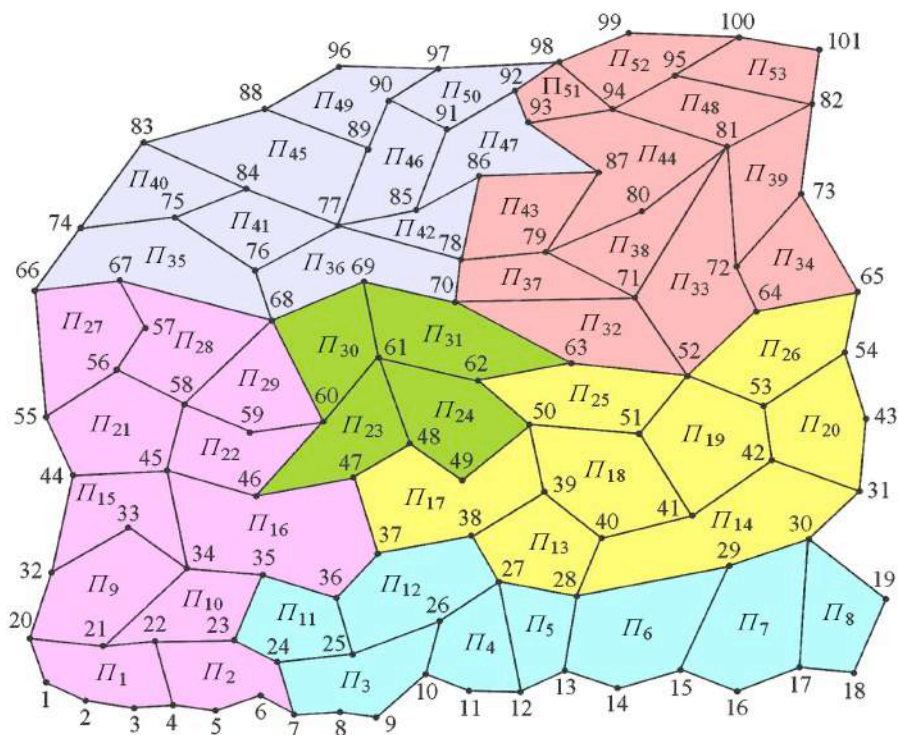


Рис. 1. Територіальна модель єпархії Є

Нехай єпархія Є, що розглядається, має парафії P_i

$$E = (P_i)_1^{N_p} = (P_i)_1^{53}. \quad (1)$$

та благочиння B_j

$$\epsilon = (B_j)_1^{N_B} = (B_j)_1^6. \quad (2)$$

Парафії на площині визначено в декартовій системі координат Oxy багатокутниками з вершинами в точках

$$T = (T_n)_1^{N_T} = (T_n)_1^{101}, \quad (3)$$

де

$$T_n = (x_n, y_n)_1^{N_T} = (x_n, y_n)_1^{101}. \quad (4)$$

Для спрощення сприйняття наведеного зображення на рис. 1 символи T для точок не вказано, а створені благочиння виділено різним кольором.

Соціально-економічними показниками P_{Π} парафій (1) ... (4) можуть бути їх площі S територій, чисельність H населення, доходи D , єпархіальні відрахування B та відповідні інвестиції I тощо

$$P_{\Pi} = (p_{\Pi_k})_1^{N_{P_{\Pi}}} = (p_{\Pi_k})_1^5 = (S, H, D, B, I). \quad (5)$$

Одним із головних завдань ефективного управління складними динамічними соціально-економічними системами, в тому числі і православними єпархіями, є їх успішна адаптація до мінливих умов для зменшення витрат ресурсів на функціонування, підвищення продуктивності господарської та інших видів діяльності. Кількісно це розраховується, наприклад для парафії Π_i , шляхом використання цільової функції оптимізації вигляду

$$F_i = \sum_{k=1}^{N_{P_{\Pi}}} w_k \cdot p_{i_k}, \quad (6)$$

де w_k – ваговий коефіцієнт k -го показника.

Величини w_k , як правило, обираються на основі експертних оцінок. Для ігнорування в конкретних випадках окремих показників їх вагові коефіцієнти приймаються нульовими.

Далі, згідно з виразами (5) та (6), обчислюється цільова функція для різноманітних можливих варіантів благочинь типу (2), де варіюється їх число і склад парафій. Таким чином, маємо кілька організаційно-територіальних різновидів єпархії ϵ . Деякі значення p_{i_k} залежать від входження парафії до певного благочиння, тому на підсумкову величину цільової функції впливає склад благочинь.

Отже, викладені вище відомості є прикладом розроблення комплексних геометричних моделей, пристосованих для застосовування в середовищі комп'ютерних інформаційних технологій з метою здійснення

оптимального управління організаційно-територіальними структурами у православ'ї, зокрема дефініції раціонального числа та складу благочинь певної єпархії.

Висновки. У нинішньому складному суспільному житті України, пов'язаному з пандемією COVID-19 та розв'язаною Росією війною, важливою науково-прикладною задачею є вдосконалення управління складними динамічними соціально-економічними системами, в тому числі і православ'я.

Запропонований у статті підхід щодо розроблених математичних засобів геометричного моделювання для сучасних комп'ютерних інформаційних технологій сприяє підвищенню ефективності використання різноманітних ресурсів за рахунок прийняття раціональних управлінських рішень. Проаналізовані моделі і прийоми придатні також для розповсюдження в багатьох інших, ніж розглянуті, галузях життєдіяльності людини.

Викладені в даній праці результати свідчать про необхідність проведення подальших наукових досліджень в окресленому напрямку для їх теоретичного поглиблення та забезпечення широкого впровадження на практиці.

Бібліографічний список

1. Методика формування спроможних територіальних громад: Постанова Кабінету Міністрів України від 8 квітня 2015 р. № 214.
2. Філатов С. А., Коченко О. М. Розвиток інноваційних кластерів в Україні. *Вчені записки університету «Крок»*. 2014. Вип. 38. С. 46–53.
3. Гоменюк М. О. Кластер як інноваційна форма територіального розвитку. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка»*. 2019. Вип. 1. С. 76–81.
4. Урсакий Ю. А. Роль інноваційних кластерів у промисловості країни. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2021. Вип.1. С. 53–70.
5. Григорків В. С., Григорків М. В. Моделі еколого-економічних функцій як інструментарій підтримки прийняття рішень у ринковій економіці. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2021. Вип.1. С. 102–114.
6. Маланяк А. Христологічний аспект єдності православних церков. *Православ'я в Україні: збірник за матеріалами IX Міжнародної наукової конференції до 1050-річчя упокоєння святої рівноапостольної Ольги, великої княгині Руси-України та 30-річчя з часу відродження Київської православної богословської академії*. 2019. С. 37–45.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МНОГОГРАННИКІВ ЗА ОБРИСОВИМИ ПРОЕКЦІЯМИ

Путятін Р.О., студент,

Юрчук В.П., д.т.н., проф,

Гагарін О.О., к.т.н., доц.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет ім. Ігоря Сікорського»

(Україна, м. Київ)

Анотація - Обрисовою називається проекція многогранника на епюрі, якщо вона є набором простих многокутників, оригіналами яких є видимі ребра, (тобто многокутники зображені основною лінією), які на проекції не перетинаються.

Ключові слова: *нарисна геометрія, площини проекцій, многогранник, обрисова проекція, грань, ребро, точка, метод ортогонального проєкціювання, горизонтальна площина проекцій, призма.*

Постановка проблеми. Неоднозначна нарисна геометрія є новим напрямом, який потребує послідовного розгляду задач, починаючи з тих, які можна вважати елементарними. Такими є задачі, пов'язані з многогранниками. Проекція тіла на епюрі називається обрисовою, якщо вона містить лише обриси. Обрисова проекція многогранника містить лише прості многокутники - замкнені ламані без самоперетинів, тобто які не перетинаються між собою [1;2].

Якщо проекцією многогранника є обрисова принаймні на одній із площин, то це накладає значні обмеження на кількість його граней, ребер і вершин, і такі тіла є достатньо простими для аналізу. Перш ніж досліджувати властивості їхніх проекцій, потрібно визначити клас таких многогранників та дослідити їхні властивості [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [3] було почато дослідження в області неоднозначної нарисної геометрії: введено деяку термінологію, наведено приклади неоднозначностей та способи їхнього розв'язання. Поняття, близьке до обрисової проекції, використано в [4] та [5]. В цих роботах було досліджене перетворення тривимірних многокутників (ребра яких не лежать в одній площині) на плоскі опуклі многокутники.

В [6] було досліджено наявність та алгоритми пошуку особливих проекцій просторових ламаних, дерев - графів, вузлів. Об'єктами є проекції без самоперетину із мінімальною кількістю самоперетинів та з найменшою можливою кількістю точок, які є образами кількох вершин або

внутрішніх точок кількох ланок. Загалом проекції досліджено з точки зору придатності для відновлення структури зображеного об'єкта, що в загальному випадку є просторовою ламаною лінією

Формулювання цілей статті. Метою статті є визначення множини (тривимірних) многогранників, що мають прості проекції на одній із площин проекцій - вважаємо, що в даному випадку це буде вигляд зверху, тобто горизонтальна площина проекцій.

Основна частина. Простота проекції означає, що обрис не містить «внутрішніх ребер», які мають із ним спільні точки. На рис. 1 проекція на Π_1 є простою, інші проекції – ні.

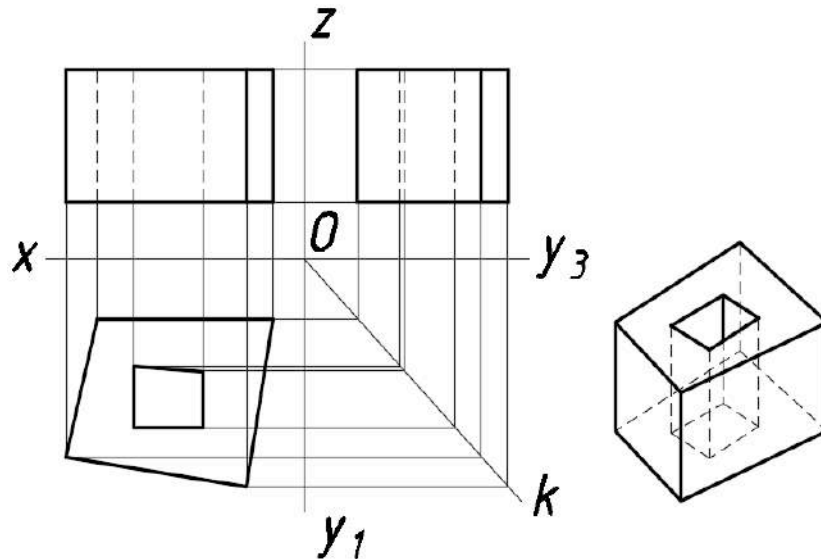


Рис. 1. Схема до визначення поняття обрисової проекції

Якщо на Π_1 є кілька многогранників, то очевидно, що необхідною умовою належності множині оригіналів зв'язного многогранника є наявність многокутника, який містить всередині своєї внутрішньої області всі інші многокутники. Цей многокутник називатимемо зовнішнім, інші – внутрішніми. При цьому основою є грань многокутника, і вона не перпендикулярна до площини Π_1 .

Тоді, якщо взяти многогранник P , проекція P_I якого на Π_1 є обрисовою, то P можна представити як результат булевого додавання й віднімання скінченної кількості призм, бічні грани яких перпендикулярні до Π_1 .

Використовуючи P_I як основу, побудуємо на ній пряму нескінченну призму Q і розглянемо дві січні площини, які не є горизонтально-проекційовальними. Вони відтинають від Q деякий обмежений многогранник R . Якщо лінія перетину не перетинає Q , тоді R – це призма, і $R_I = P_I$. Кілька таких призм можуть перетинатися лише у вершині чи вздовж ребра (інакше проекція R_I не буде обрисовою), але такі многогранники ми не розглядаємо [7].

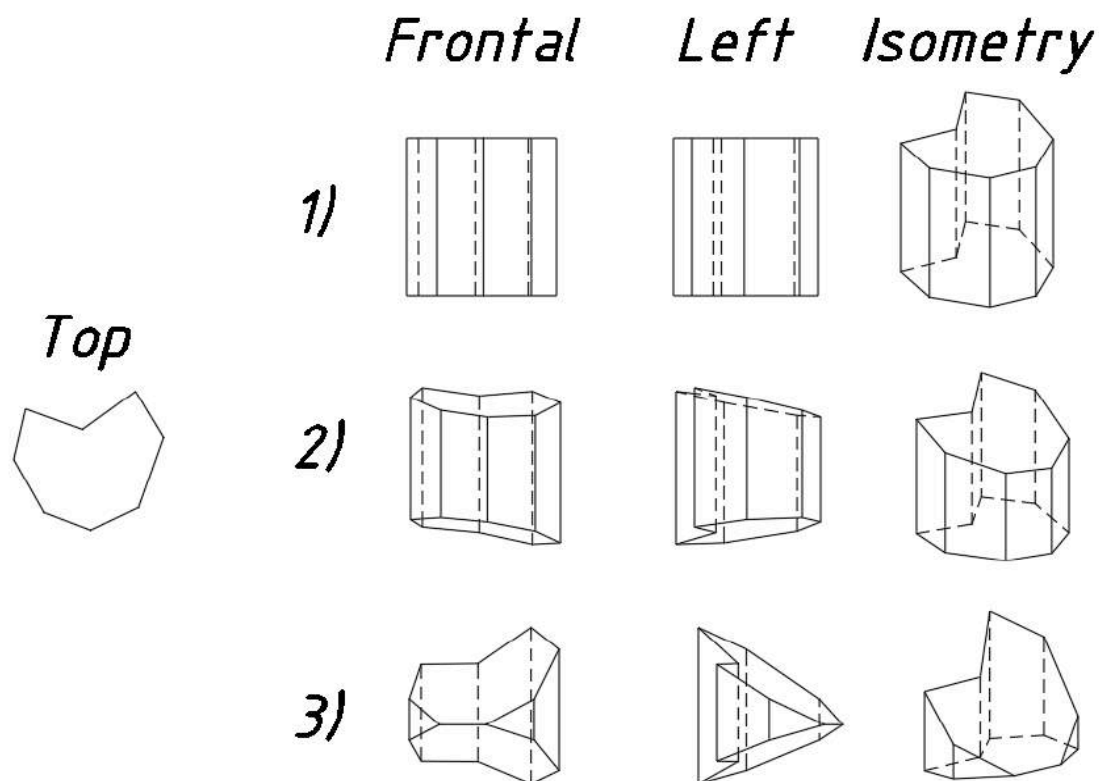


Рис. 2. 1) Пряма призма; 2) зрізана призма;
3) призма з виродженою гранню

Зовнішній многогранник є проекцією вже описаної зрізаної призми (або кількох призм). Такі призми називатимемо зовнішніми, а внутрішні многокутники можуть бути проекціями:

- заглиблень або отворів у зовнішній призмі, отриманих за допомогою булевого віднімання поверхонь геометричних тіл (мають знак «-»);
- малих призм, отриманих за допомогою булевого додавання тіл (мають знак «+»).

Малі призми називатимемо внутрішніми. Аналогічно до першого випадку, основи зовнішніх і внутрішніх призм можуть мати спільну вершину чи спільне ребро.

В той же час, жодна пара основ не може мати лінію перетину, що належить самій основі. Це означає, що внутрішня призма, незалежно від її знаку, не може мати основу, лише частково «занурену» в зовнішню призму, інакше це призвело б до появи небажаних ребер на проекції горизонтальній.

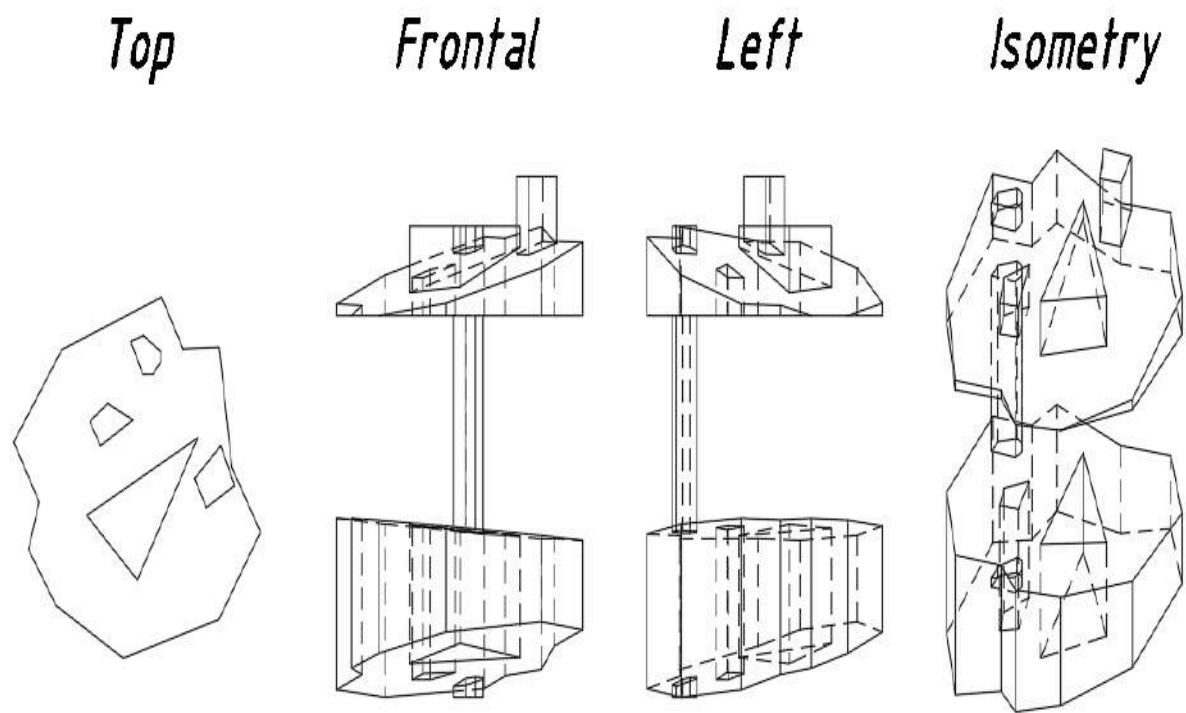


Рис. 3. Геометричні моделі поверхонь до прикладу
 На рис. 3 зображено тіло, що складається з двох зовнішніх призм, трьох внутрішніх призм зі знаком «+» і двох зі знаком «-».

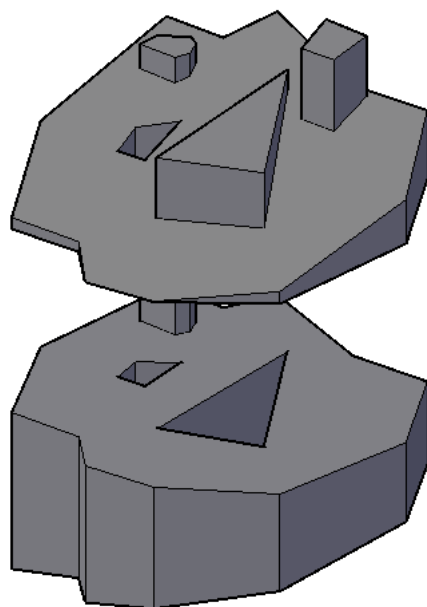


Рис. 4. Аксонометричне зображення кінцевої призматичної поверхні

В результаті побудови ми отримуємо поверхню як геометричну комбінацію призматичних поверхонь, кожна з яких може відповідати певним функціональним показникам шуканого тіла.

ВИСНОВКИ

1. Геометрично поверхні внутрішньої призми можуть з'єднувати зовнішні призми між собою, утворюючи таким чином «багатошаровий» зв'язний многогранник (рис. 3);
2. Геометричну модель многогранника P можна отримати за допомогою додавання та віднімання скінченної кількості призм з використанням булевих операцій;
3. В загальному випадку многогранник можна отримати за рахунок обрисової проєкції на одну площину та подальшим проєктуванням його заданих властивостей.

Бібліографічний список

1. Polygon – New World Encyclopedia: website. URL: <https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Polygon> (Last accessed: 08.02.2022)
2. Simple Polygon -- From Wolfram MathWorld: website. URL: <https://mathworld.wolfram.com/SimplePolygon.html> (Last accessed: 08.02.2022)
3. R.O. Putiatin. A brief look on the ambiguous descriptive geometry / Матеріали Х-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Прикладна геометрія, дизайн, об'єкти інтелектуальної власності та інноваційна діяльність студентів та молодих вчених» // Путятін Р.О., Юрчук В.П. Випуск 10. – 94 с., іл.
4. Jorge Alberto Calvo, Danny Krizanc, Pat Morin. Michael Soss, Godfried Toussaint. Convexifying polygons with simple projections. *Information Processing Letters*. 2001. Vol. 80, Issue 2, P. 81-86. DOI: 10.1016/S0020-0190(01)00150-8
5. T. Biedl, E. Demaine, M. Demaine, S. Lazard, A. Lubiw, J. O'Rourke, M. Overmars, S. Robbins, I. Streinu, G. Toussaint, S. Whitesides. Locked and Unlocked Polygonal Chains in 3D. *Discrete & Computational Geometry*. 2008. Vol. 26, Issue 3, URL: <https://arxiv.org/abs/cs/9910009> (Last accessed 08.02.2022)
6. Prosenjit Bose, Francisco Gómez, Pedro Ramos, Godfried Toussaint. Drawing Nice Projections of Objects in Space. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. Vol. 10, Issue 2, P. 155-172. DOI: 10.1006/jvci.1999.0415
7. Tree – Encyclopedia of Mathematics: website. URL: <https://encyclopediaofmath.org/wiki/Tree> (Last accessed 08.02.2022)

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ТЕМОЮ «ВАЛ» В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ З КУРСУ “НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА”

Петрик Є.Ю., студентка,

Овсієнко Л.Г., старший викладач,

Залевський С.В., доцент.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського” (Україна, м.Київ)*

***Анотація** – розглядається питання використання нового комплексу завдань по темі «Вал. Конструктивні елементи валу» з курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» в умовах проведення занять у дистанційній формі.*

***Ключові слова** – вал, конструктивні елементи, тривимірна модель валу.*

Постановка проблеми. При проведенні навчального процесу в дистанційній формі викладачі і студенти стикаються зі значною кількістю проблем і обмежень які суттєво впливають на якість оволодіння студентами матеріалу. При вивченні курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» таким негативним фактором є відсутність можливості надати студенту реальні зразки деталей робочі кресленики чи ескізи яких він має виконати згідно з робочою програмою дисципліни. Завдання видаються у формі зразків та таблиць, що істотно зменшує якість сприйняття матеріалу у порівнянні з очною формою навчання, коли студент має можливість «вживу» ознайомитись зі зразками тієї чи іншої деталі виготовленими в металі.

Аналіз останніх досліджень. Частково підвищити наочність матеріалу, який розглядається, дозволяє використання різноманітних додаткових засобів: презентацій, відеороликів та тривимірних моделей. Але більш важливим є можливість запропонувати студенту наочне зображення саме його деталі, робочий кресленик чи ескіз якої він має виконати.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Запропонувати варіантні завдання по темі «Вал», що супроводжуються тривимірною його моделлю та передбачають детальне опрацювання зображень та постановки розмірів його конструктивних елементів.

Основна частина. В данній роботі пропонується використати для вивчення теми «Вал. Конструктивні елементи валу» з курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» в умовах проведення занять у дистанційній формі. Після ознайомлення з теоретичним матеріалом

студент отримує завдання яке складається з декількох частин. Перша з них тривимірна модель валу (Рис. 1) згідно з завданням дає можливість ознайомитись з наочним зображенням.

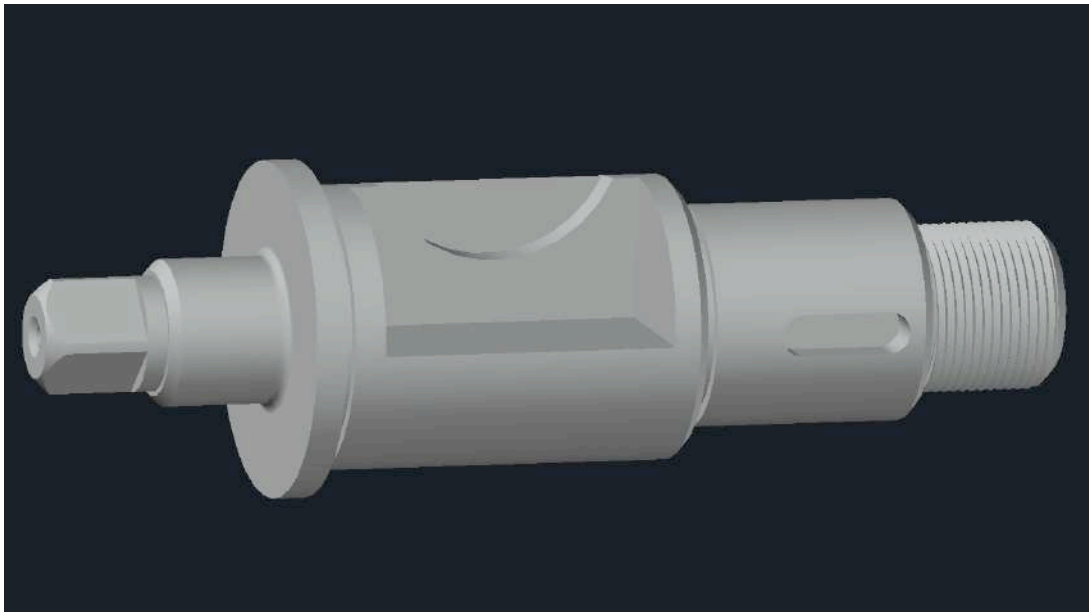


Рис. 1

В другій частині наведено графічний опис завдання, що містить параметризовані дані для його виконання (Рис. 2)

Тема №5: Робочий кресленник деталі типу "Вал".
Завдання: виконати робочий кресленник деталі по варіантам згідно з таблицею 1.
Маштаб 1:1

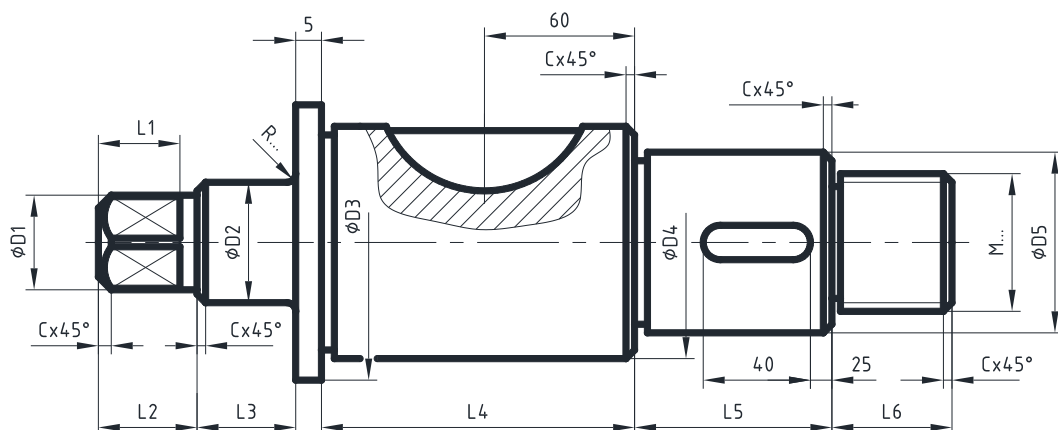
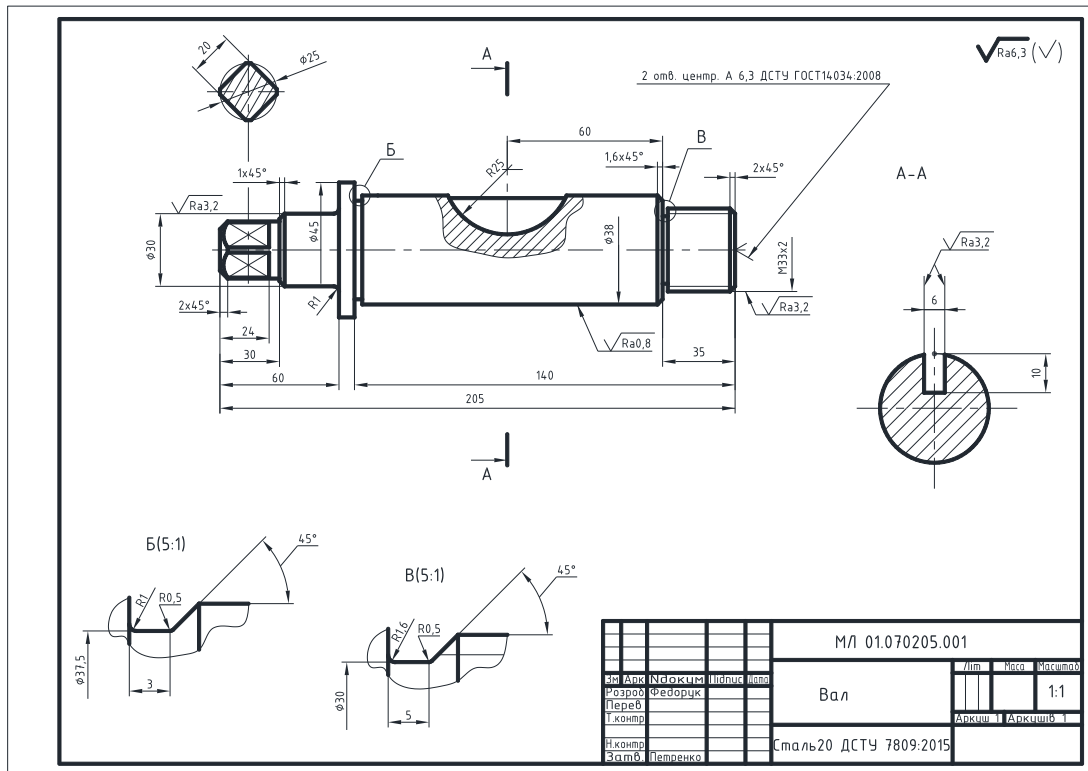


Рис. 2

Третя частина містить таблицю значень параметрів що вибираються згідно з номером варіанту студента (Рис. 3). Червоним виділено значення частин деталі, які в даному варіанті завдання не існують.

Рис. 4



Парні номери варіантів

Рис. 5

Висновки. Запропонований варіант завдань включає в себе комплект всієї необхідної інформації для повного оволодіння матеріалом з теми «Вал. Конструктивні елементи валу» та дає можливість студенту отримати уявлення про його конструктивні елементи та опрацювати стандарти щодо їх зображення та підбір необхідних розмірів.

Бібліографічний список

1. Ванін В.В. “Інженерна графіка” / Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М., Власюк Г.Г., //Київ Видавнича група ВНУ 2009 -400 с.
2. Ванін В.В., Оформлення конструкторської документації / Ванін В.В., Блюк А.В., Гнітецька Г.О. // К.: Каравела, 2012. – 200с.
3. Ванін В.В., Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AUTOCAD/ Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. // К.:Каравела, 2005.-336с.

**ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВДАНЬ З ТЕМИ «НАРІЗЬ.
ДЕТАЛЬ З НАРІЗЗЮ» ДЛЯ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ З КУРСУ
“НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА”**

Шайда М.В., студент,

Овсієнко Л.Г., старший викладач,

Залевський С.В., доцент.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського” (Україна, м.Київ)

***Анотація** – розглядається питання використання нового комплексу завдань по темі «Нарізь. Деталь з наріззю» з курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» з можливістю диференційованого підходу студента до рівня складності завдання, що виконується.*

***Ключові слова** – нарізь, деталь з наріззю, рівень складності.*

Постановка проблеми. При виконанні графічної роботи студенти отримують завдання одного рівня складності, що не дає можливості вибрати для себе рівень задачі та максимальний поріг згідно оцінювання роботи.

Аналіз останніх досліджень. Завдання по темі «Нарізь. Деталь з наріззю» з курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» складаються з типових та не диференційованих за рівнем складності задач. Це лишає можливості студенту варіювати рівень складності графічної роботи і кількості потенційних балів для отримання семестрового рейтингу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Запропонувати варіантні завдання по темі «Нарізь. Деталь з наріззю», які дозволять виконавцю самостійно прийняти рішення стосовно потенціальної можливості набрати ту чи іншу кількість балів.

Основна частина. В даній роботі пропонується новий комплект завдань для практичної роботи студентів при вивченні теми «Нарізь. Деталь з наріззю» з курсу «Нарисна геометрія та інженерна графіка» в умовах проведення занять у дистанційній формі. Курс передбачає проведення лекції по темі «Нарізь» Після ознайомлення з теоретичним матеріалом на практичному занятті видається завдання для виконання ескізу деталі з наріззю. Запропоновані завдання дають можливість студенту самостійно визначитись з рівнем складності завдання, яке він планує виконати.

Завдання по роботі складаються по варіантам з двох частин. Завдання по першому рівню складності (Рис 1 та 2) передбачають виконання кресленика на форматі А4 з одним виглядом та виносним елементом.

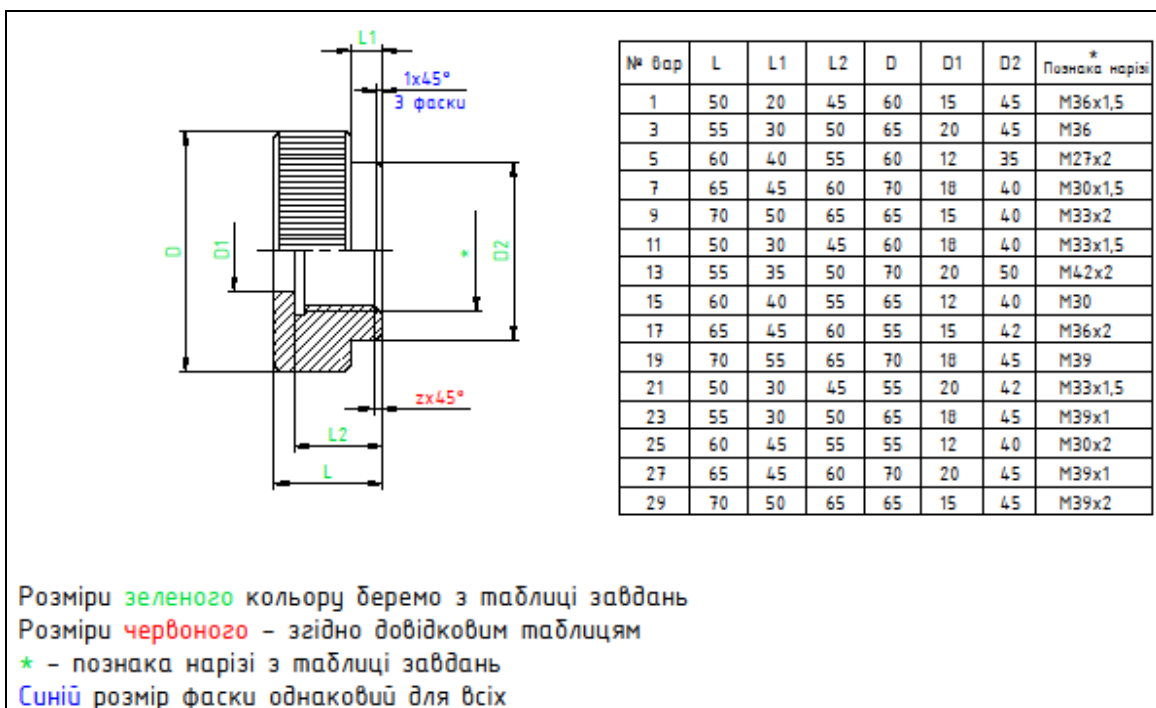


Рис. 1. Завдання для непарних варіантів

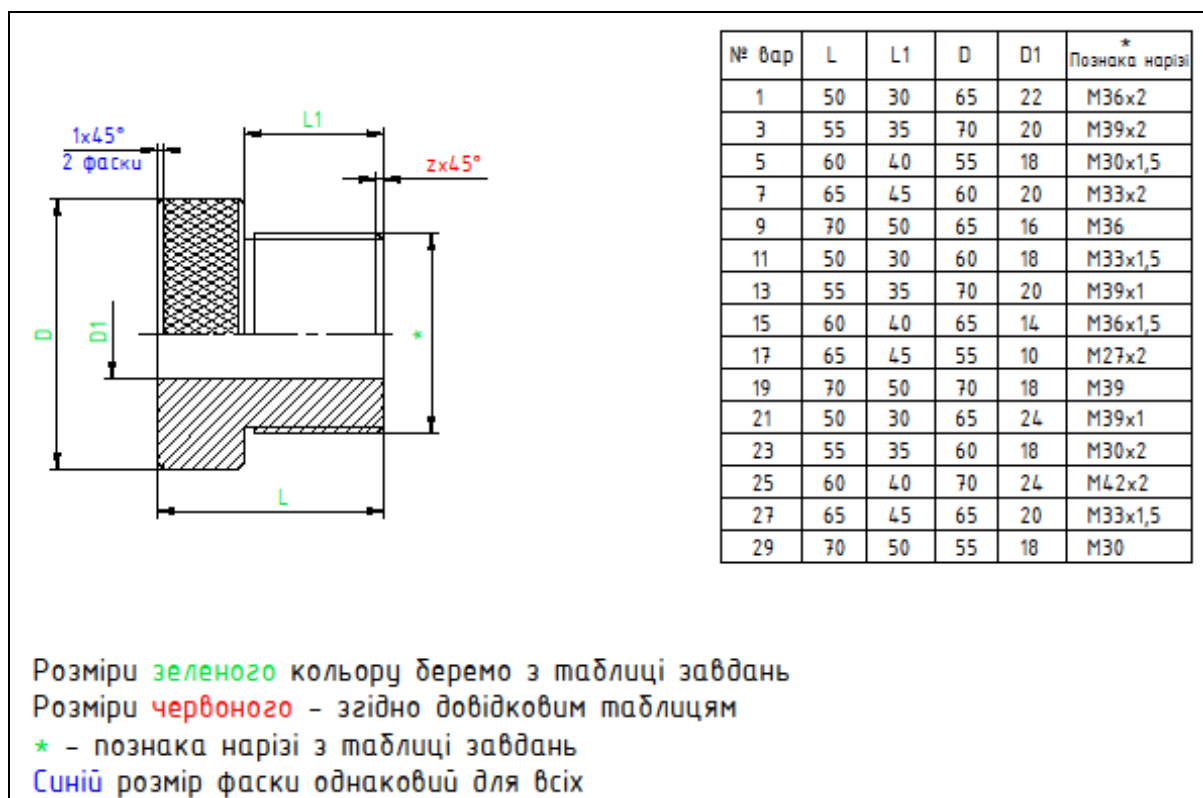


Рис. 2. Завдання для парних варіантів

Приклади виконання наведені на рис.3 та рис. 4.

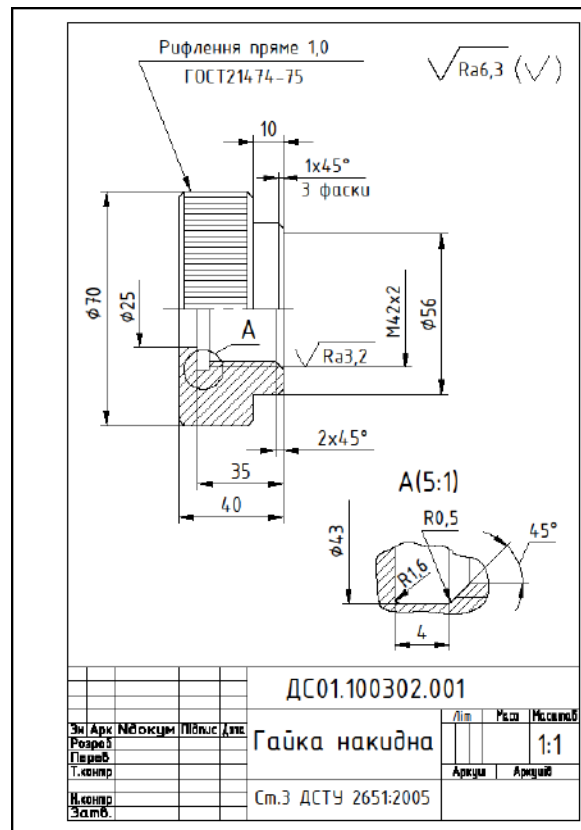


Рис. 3. Зразок виконання для непарних варіантів

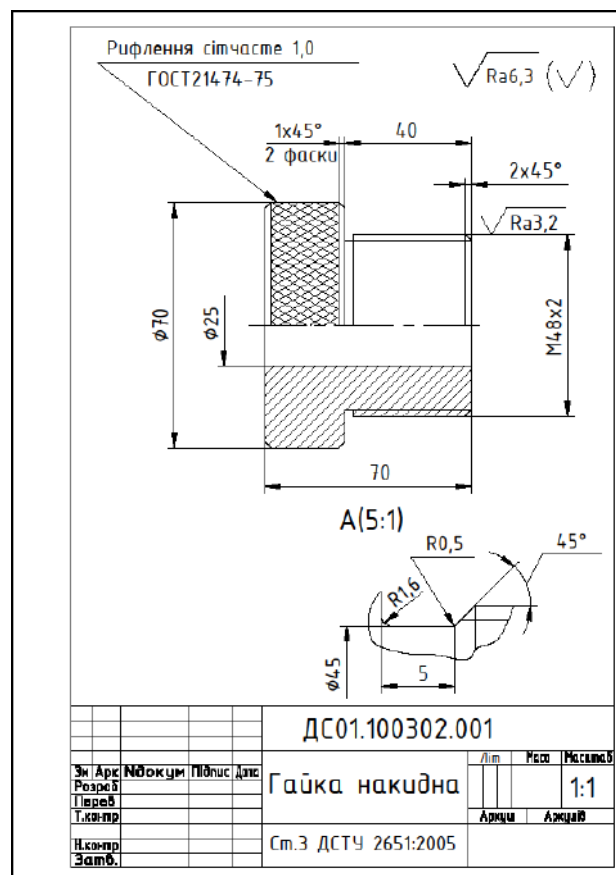


Рис. 4. Зразок виконання для парних варіантів

Завдання на максимальний бал згідно поточної PCO приведені на рис 5 та 6:

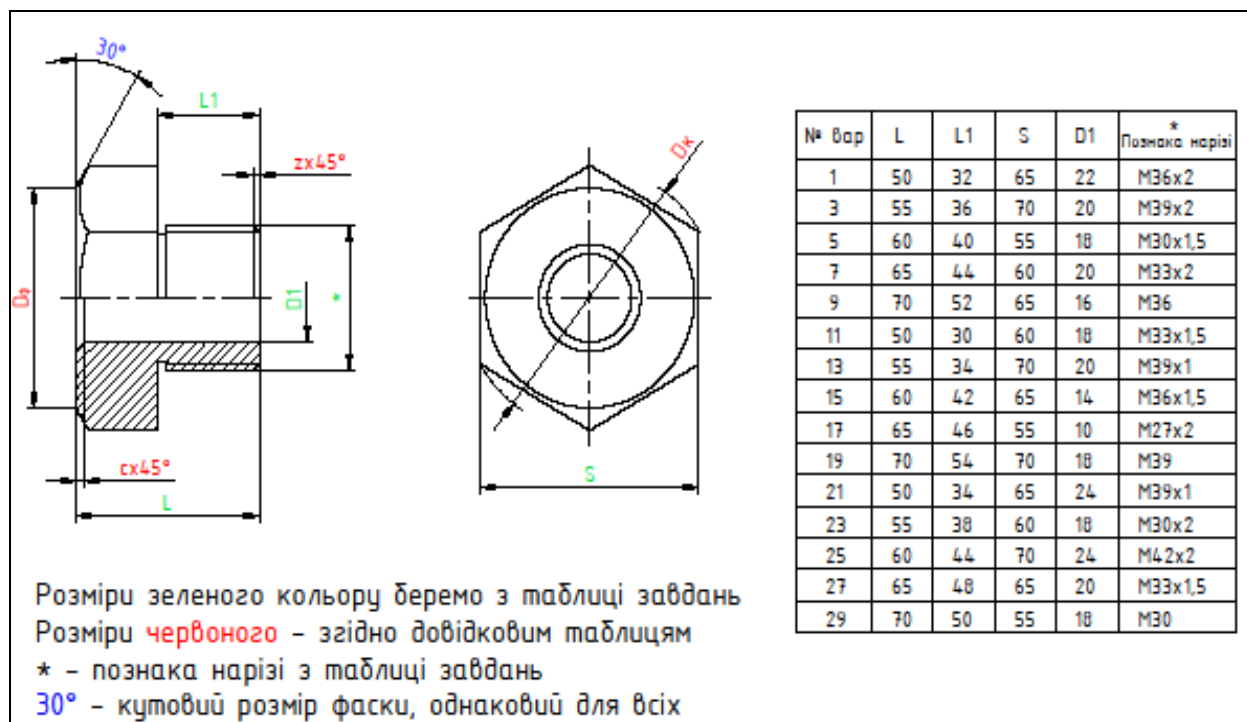


Рис. 5. Завдання для непарних варіантів

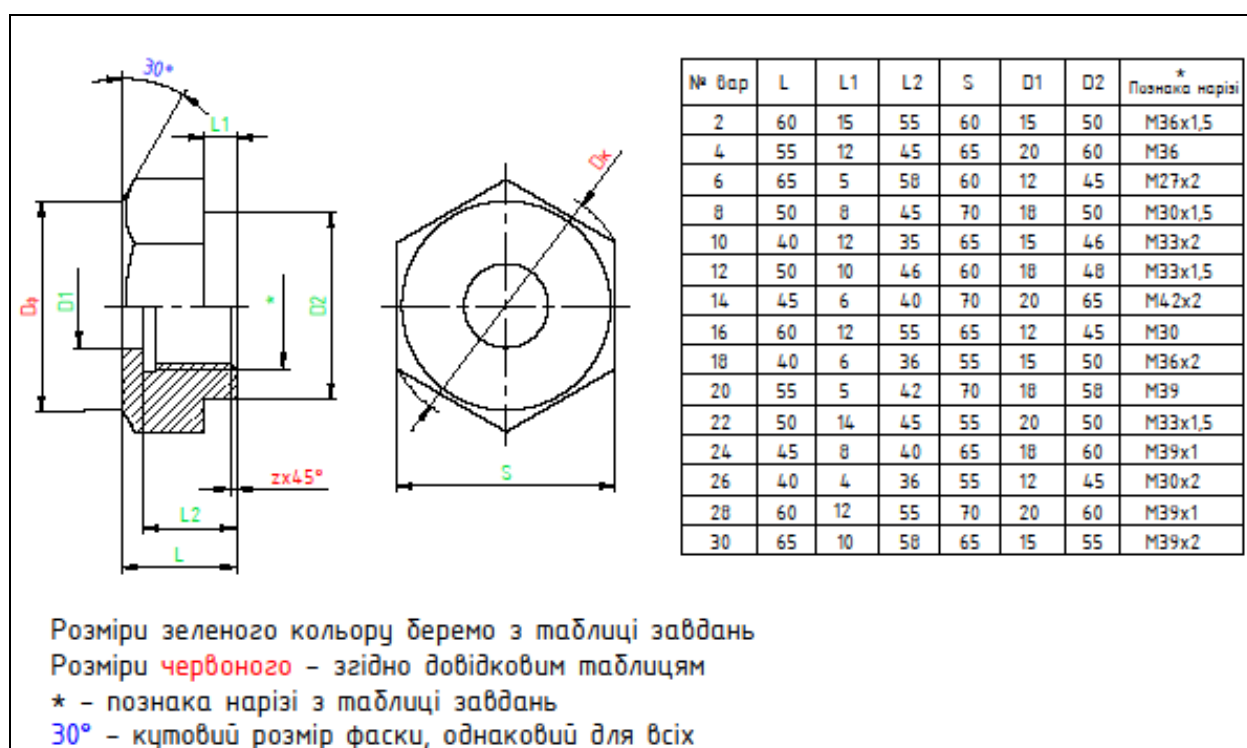


Рис. 6. Завдання для парних варіантів

Зразок виконання (Рис. 7 та 8)

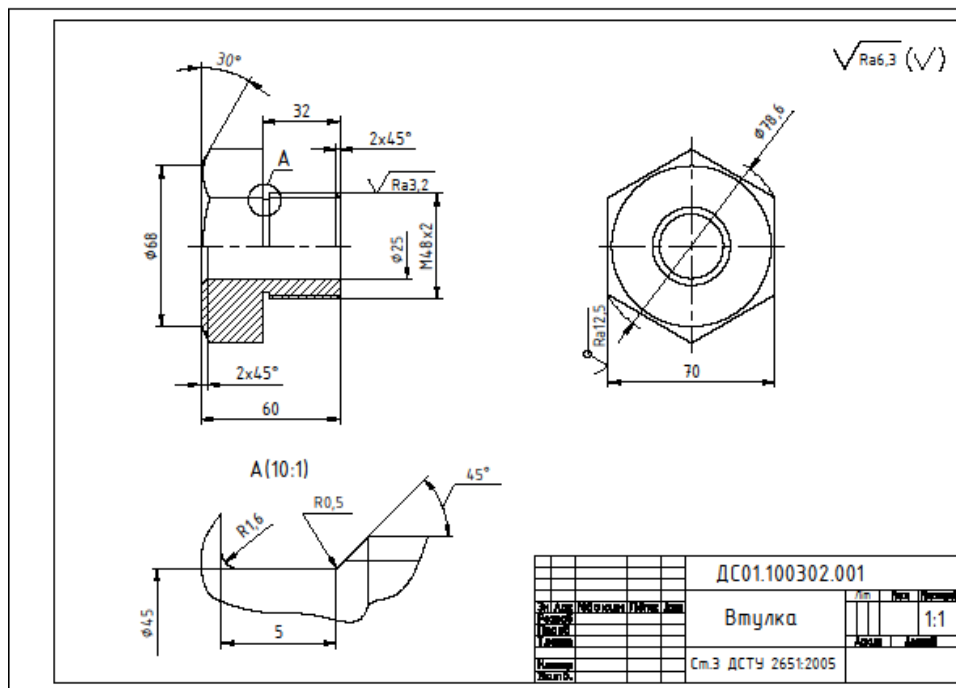


Рис.7. Зразок виконання для непарних варіантів

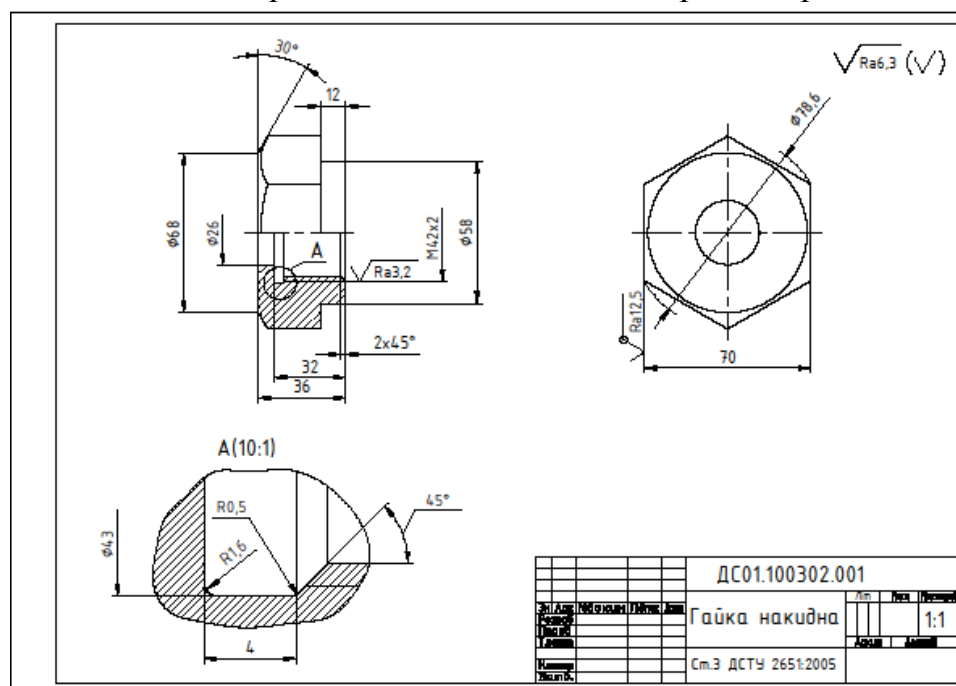


Рис.8. Зразок виконання для парних варіантів

Висновки. Запропонований варіант завдань дозволяє студенту самостійно обрати рівень складності завдань. Виконання навіть першого за рівнем варіанту завдання включає необхідність вивчити тему «Нарізь. Деталь з наріззю» на достатньому рівні.

Бібліографічний список

1. Ванін В.В., Оформлення конструкторської документації / Ванін В.В., Блок А.В., Гнітецька Г.О. // К.: Каравела, 2012. – 200с.

АРХІТЕКТУРНИЙ ОРДЕР, ЯК ЗРАЗОК ДОСКОНАЛОСТІ І ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ФОРМИ

Надкернична Т.М., ст. викладач,¹

Казимір Д.Ю., студентка²

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»
(Україна, м. Київ)

²Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна,
м. Київ)

***Анотація** – у статті розглянуто архітектурний ордер, який не зважаючи на його зовнішні декоративні зміни зберігає власне первинне призначення. Та насамперед має досконалі, перевірені часом пропорції і закономірності.*

***Ключові слова** – архітектурний ордер, архітектурна форма, модуль*

Постановка проблеми. Класичні архітектурні форми, які відображають архітектоніку стійко-балкової системи, сприяють засвоєнню законів побудови архітектурної форми споруд : пропорційність, ритм, масштабність. Пластика класичних форм найбільш показово розкриває принцип конструктивності, закладений у античні часи.

Основна частина. Архітектурний ордер - у традиційному розумінні це тип архітектурної композиції, що складається з вертикальних та горизонтальних елементів. В іншому формулюванні: порядок або послідовність використання елементів в архітектурі певного стилю. Включає систему пропорцій, наказує склад і форму елементів, а також їх взаєморозташування. У такому традиційному розумінні архітектурний ордер має тріадну структуру: всі його частини, великі та малі, поділяються на три: постамент (стереобат), несуча частина (колона) та несоме (антаблемент). Колона ділиться на три частини: база, фуст, капітель. Антаблемент також поділяється на три частини (знизу догори): архітрав, фриз, карниз. База має карниз п'єдесталу, стул, вал (рис.1).

Членування архітектурного ордера на несучі та несомі частини, пов'язані системою виразних архітектурних обломів, зробило ордерну систему до середини V ст. до зв. е. гнучким художнім прийомом архітектури грецької класики Ордерні принципи допомогли створити тектонічно ясний архітектурний образ, виробити пропорційні людині архітектурні масштаби. Можливості різного (іноді навіть умовного) застосування архітектурного ордера для характеристики інших архітектонічних систем (напр., стіни) багато в чому обумовлюють індивідуальність давньогрецьких споруд в епоху класики, а також широке застосування архітектурного ордера в пізніші історичні епохи (в архітектурі Стародавнього Риму, Відродження, бароко, класицизму).

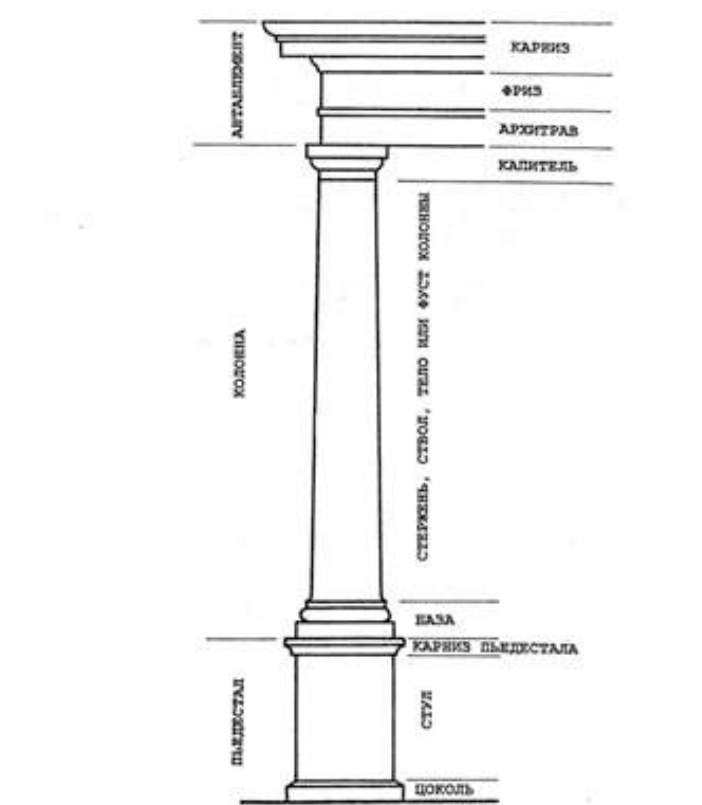


Рис.1 Структура архітектурного ордера [6]

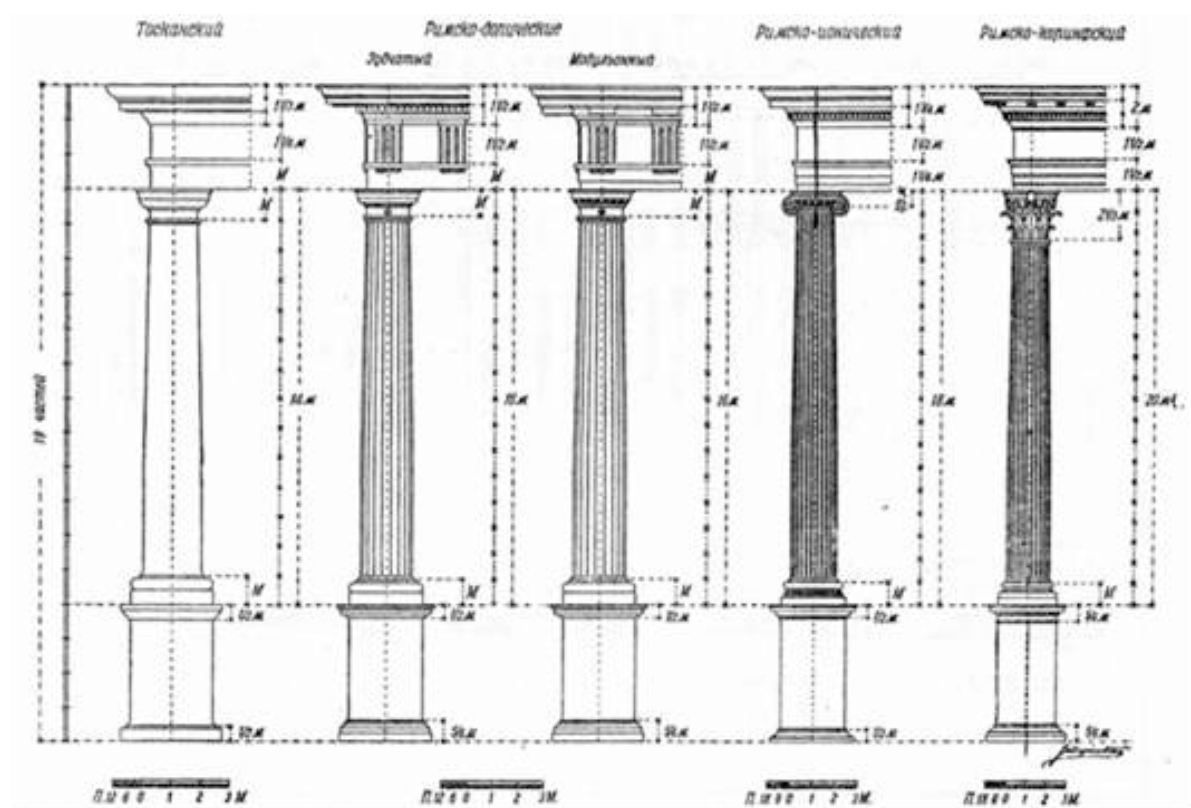


Рис.2 Римські ордери в деталях [7]

З історичної точки зору римляни були першими хто застосував розрахунки для побудови ордеру, саме їх можна вважати засновниками пропорцій для цієї архітектурної форми. Сучасне уявлення про римські ордерні системи склалося як сукупність пам'яток античного Риму, що дійшли до теперішнього часу, теоретичних вишукувань Вітрувію та творчого переосмислення цієї спадщини архітекторами епохи Відродження, що залишили по собі теоретичні праці та практично керівництва щодо застосування ордерних систем. Вітрувій, який жив у I столітті до н. е., у період правління Цезаря і Октавіана Августа, склав опис чотирьох ордерів: доричного, іонічного, коринфського та тосканського (рис.2).

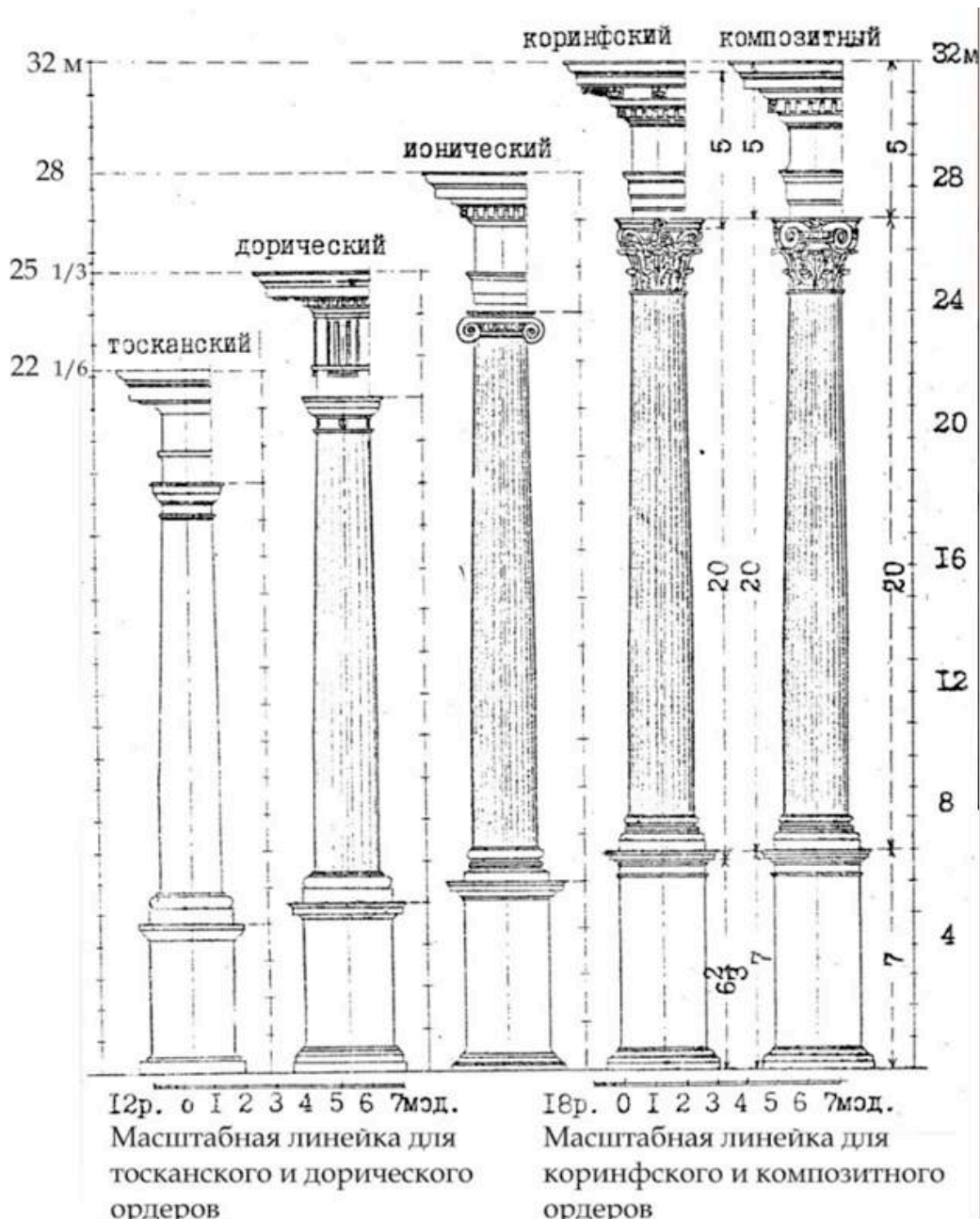


Рис.3 Пропорційний ряд ордерів [8]

Античне обґрунтування ордерної системи вперше було зроблено римським теоретиком архітектури Вітрувієм. Стародавні греки вважаються винахідниками трьох класичних архітектурних ордерів. За визначенням Вітрувія, в доричному ордері вони бачили «пропорції, міцність і красу чоловічого тіла», в іонічному — «витонченість жінок», а коринфську колону створювали в наслідування «дівочої стрункості».

Вітрувій співвідносив пропорції ордерів з ладами давньогрецької музики, або модусами: строгим дорійським, радісним іонійським, бурхливим фригійським. Взявши за модуль «слід» від колони на стилобаті, її нижній діаметр (ембат), Вітрувій канонізував пропорційні відносини величин: для доричного ордера відношення висоти колони до ембату дорівнює 1:7, для іонічного – 1:8, для коринфського – 1:9 .

Ордери таким чином вишиковуються в пропорційний ряд від найпотужнішого доричного до витонченого коринфського (рис.3). Вітрувій вважав, що вибір того чи іншого ордера визначається тим, якому божеству присвячується храм, хоча греки використовували ордери вільно, поєднуючи їх один з одним.

Висновок. Безліч людей пов'язаних із будівництвом, дизайном і архітектурою постійно намагаються віднайти новітні рішення для їх проєктів. Та всі їх новітні ідеї всеодно мають за основу ту саму незмінну та ідеальну, перевірену роками, базу. Знання особливостей побудови архітектурних ордерів надає можливість у подальшому вільно володіти системою пропорцій та грамотно використовувати певні деталі при проєктуванні будівель різного функціонального призначення. Найперше, з чого починають свій навчальний шлях архітектори – це архітектурний ордер. Напевно, чогось найбільш класичного не можна і назвати.

Бібліографічний список

1. Основы архитектурной композиции и проектирования / Под ред. А.А. Тица.- К.: Выща шк., 1978
2. Михайловский И.Б. Теория классических архитектурных форм. – М.: Издательство всесоюзной Академии архитектуры, 1937
3. Михайловский И.Б. Архитектурные формы античности. – 4-е изд.- М.: Издательство Академии архитектуры СССР, 1949
4. Виньола Дж. Б. Архитектурные ордера. Памятная книжка для архитекторов / Текст и рис. Тьерри: Пер. с франц. П. Федорова. – СПб.: Изд., И.И. Иванова, 1897
5. Виньола Дж. Б. Правило пяти ордеров архитектуры / Пер. А.Г. Габричевского; Вазари, Данти, Бальоне, Милиция. Жизнеописания Вильолы / Пер. А.И. Венедиктова; комментарии Г.Н. Емельянова. – М.: Изд. Всес. Ак. Архит., 1939
6. <https://photogrammetria.ru/222-arhitekturnye-ordera.html>
7. <https://studopedia.org/4-59013.html>
8. <https://art-grea.ru/grecheskie-i-rimskie-ordera.html>

КОРИСТУВАЛЬНИЦЬКІ ТИПИ ЛІНІЙ AUTOCAD ТА ЇХНЄ ЗАСТОСУВАННЯ В КРЕСЛЕНИКАХ СХЕМ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Лебедева О.О., старший викладач,

Бовтун К., студентка

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»

(Україна, м. Київ)

***Анотація** – у статті розглянуто можливості автоматизації виконання схем інженерних мереж на прикладі теплової схеми за допомогою засобів САПР AutoCAD, а саме на стадіях технічної пропозиції, ескізного та технічного проектування. Окреслено напрямки подальших наукових досліджень у теоретичному та практичному аспектах.*

***Ключові слова** – інженерні мережі, схеми теплові, автоматизоване проектування, робоче середовище, користувальницькі типи ліній, складний технічний виріб (СТВ).*

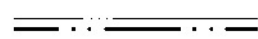
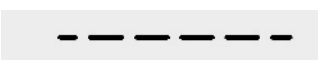
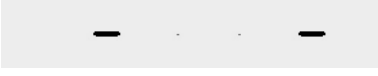
Постановка проблеми. Лінії зв'язку на теплових схемах позначають трубопроводи, в яких циркулює робоче середовище. На різних ділянках схеми її агрегатний стан різний: в реакторному контурі АЕС - теплоносій (вода, рідкий метал), після парогенератора - гострий пар, з турбіни відбирається пар регульованих або нерегульованих відборів, після конденсатора - конденсат, після деаератора - живильна вода і т. д.

Для того, щоб по схемі можна було відразу зрозуміти, яке робоче середовище і в якому стані знаходиться, використовують лінії зв'язку відповідного накреслення, яке відображає вид та стан робочого середовища, Рекомендовані умовні означення робочого середовища трубопроводів приведені у таблиці 1.

В умовах автоматизованого проектування можна використовувати лінії однакової товщини, але з різними маркерами (V, X, // і т.д.) для різних робочих середовищ. На вільному полі схеми у цьому випадку треба навести пояснення умовних позначень робочих середовищ.

Зображення таких ліній зв'язку – трудомісткий та тривалий процес. З метою скорочення витрат труда та часу було б доцільно автоматизувати його найоптимальнішим способом. Саме такий спосіб дозволяє знайти використання однієї з можливостей AutoCAD - створення користувальницьких типів ліній

Таблиця 1. Умовні позначення трубопроводів

Зображення лінії	Призначення	Примітка
	Пара свіжа	Товщина ліній 0,8 до 1,5 мм
	Пара	
	Пара змінного тиску нерегулюємих відборів	
	Пара промислових та теплофікаційних відборів	
	Пароповітряна суміш	Товщина ліній 0,2 до 1,0 мм
	Вода живильна	
	Вода мережева підживлююча	
	Конденсат	
	Дренажі, зливи та переливи	
	Вода хімзнесолена	
	Продувка котла	

Формулювання цілей. В даній статті розглядається створення користувальницьких типів ліній в AutoCAD та їхнє застосування для автоматизації процесу виконання схем інженерних мереж.

Основна частина. Типи ліній, що поставляються з програмою, зберігаються у файлах бібліотек acad.lin і acadiso.lin. Створені користувачем лінії додаються в ці файли чи зберігаються у файлі з власним унікальним ім'ям і розширенням lin.

Користувальницькі типи ліній розділяються на прості та складні. Прості типи, в свою чергу, розділяються на прості типи ліній, утворені відрізками та точками, та прості типи з включеннями текстових елементів. Складні типи ліній вміщують більш складні графічні елементи, ніж відрізки прямих, точки та текст, - форми, які створюються попередньо командою Make Shapes.

В AutoCAD для створення користувальницького типу ліній існує узагальнений спосіб створення типу лінії за допомогою її описання

спеціальними виразами у будь-якому текстовому редакторі з наступним збереженням у форматі lin.

Більш наочним та простим у виконанні є спосіб з використанням команди Make Linetype (MKLTYPЕ).

Попередньо у натуральному масштабі командою Line створюється взірєць нової лінії. <http://sapr-journal.ru/wp-content/uploads/2014/04/0014.png> .

Після цього запускається команда Make Linetype і вказується ім'я файлу, в якому буде зберігатися створюваний стиль. Після цього вводиться назва створюваної лінії та вказуються початкова та кінцева точки кроку майбутньої лінії та комплекс графічних елементів взірця. При успішному завершенні система повідомить про те, що стиль лінії створений і завантажений.

Щоб переконатись у доступності нового типу лінії для завантаження та використання, достатньо викликати менеджер типів ліній LINETYPE MANAGER командою LINETYPE. Ім'я нового типу ліній буде відображено у списку існуючих.

Користувальницький стиль лінії, як і стилі ліній, що поставляються з застосунком, можна встановлювати поточним, призначати для існуючого об'єкта, змінювати масштаб типу ліній і стиль для друку через вікно властивостей Properties.

Висновки Застосування користувальницького типу ліній є ефективним і простим у користуванні способом автоматизації складання теплових схем в системі AutoCAD. Його доцільно використовувати в проектуванні будь-яких інженерних мереж, де лінії зв'язку несуть смислове навантаження, відіграють роль умовних позначень і мають специфічний вигляд.

Бібліографічний список

1. ДСТУ Б А.2.4-1:2009 Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів
2. <https://knowledge.autodesk.com/ru>
3. http://on-line-teaching.com/autocad/03_komandy_AutoCad_U-V-W-X-Z.html

ЗМІСТ

ДО ПИТАННЯ ІНТЕГРОВАНОГО КОМПЛЕКСНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

Ванін В.В., д.т.н., професор, Яблонський П.М., к.т.н., доцент, Воробйов О.М., старший
викладач..... 4

ОСОБЛИВОСТІ ЗГИНАННЯ ПЛОСКОЇ ЗАГОТОВКИ ІЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ У ПОВЕРХНЮ ТОРСА-ГЕЛКОЇДА

Пилипака С.Ф., професор Кресан Т.А., доцент Хропост В.І., аспірант* 8

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ НА ПРИКЛАДІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ПРОСКОПІВ

Вірченко Г.А., д.т.н., професор, Іванов С.В., к.т.н., доцент 11

РОЗРОБКА НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ВОГНЕГАСНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ДО ВІДДАЛЕНОЇ ЗОНИ ПОЖЕЖИ

Куценко Л.М., д.т.н., професор, Калиновський А.Я., к.т.н., доцент 15

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛОЩИН-ПОСЕРЕДНИКІВ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ГРАННИХ ПОВЕРХОНЬ

Щербина О.І., студент, Білицька Н.В., к.т.н., доцент, Гетьман О.Г., к.т.н., доцент..... 23

ПОБУДОВА ЛІНІЇ ПЕРЕТИНУ ЦИЛІНДРА ТА ПРАМІДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛОЩИН-ПОСЕРЕДНИКІВ ЗАГАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ

Тарасюк М.В., студент, Гетьман О.Г., к.т.н., доцент, Білицька Н.В., к.т.н., доцент. 28

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗВ'ЯЗКУ ДЕЯКИХ МЕТРИЧНИХ ЗАДАЧ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Боряченко О.В., студент, Лесько О.М., студент, Москаленко С.В., студент, Гетьман О.Г., к.т.н.,
доцент, Білицька Н.В., к.т.н., доцент..... 33

ДО ПИТАННЯ ВИВЧАННЯ КУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Колосова О. П., к. т. н., доцент; Баскова Г. В., ст. викладач; Лапка Б. В., студент. 41

ЗАХИСТ КРЕСЛЕНИКІВ У СУЧАСНИХ ГРАФІЧНИХ ПРОГРАМАХ

Гумен О.М., д.т.н., Селіна І.Б., ст. викл., 46

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

Гумен О.М., д.т.н., Селіна І.Б., ст. викл., Ільніцька Я.В., студентка..... 50

ДИСЦИПЛІНА «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» ОЧИМА НАШИХ МАЙБУТНІХ ЗАХИСНИКІВ

Гумен О.М., д.т.н., Селіна І.Б., ст. викл. 54

ВПЛИВ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ НА ГАЛУЗІ ЛЮДСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Гумен О.М., д.т.н., Мельников Д.В., студент. 58

ЗБЕРІГАННЯ ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ХМАРІ

Гумен О.М., д.т.н., Сич Д.А., студент.62

КОМП'ЮТЕРНЕ 3Д–МОДЕЛЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩАХ 3DS MAX ТА AUTOCAD

Гончаренко М.О., здобувач вищої освіти, Мартин Є.В., д.т.н.65

ДО ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В КУРСІ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

Ванін В.В., д.т.н., професор, Вірченко Г.А., д.т.н., професор, Лазарчук М.В..71

ДО ПИТАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ ПРИРОДНИЧОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТНІХ ГАЛУЗЕЙ НА ПРИКЛАДІ НАВЧАЛЬНИХ ПРЕДМЕТІВ ГЕОГРАФІЯ ТА ГЕОМЕТРІЯ

Бобела Н.М., старший учитель, Оліферчук О.Ю., вчитель 2 категорії, ¹ Вірченко Г.А., д.т.н., професор. ²75

ГРАФІЧНІ МОДЕЛІ З ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мартинов В.Л., д.т.н., професор, Чирва Т.Л., к.т.н., доцент,81

ТРАНСПОРТУВАННЯ ЧАСТИНКИ РУХОМОЮ ХВИЛЯСТОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Воліна Т.М., к.т.н., доцент.....85

ВИЗНАЧЕННЯ можливих положень робота НА СКЛАДСЬКІЙ ПЛОЩАДЦІ ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ ІЗ СИСТЕМИ ДАТЧИКІВ

Назарюк В.М., курсант Комяк В.М., д.т.н., професор,.....95

НАНЕСЕННЯ НА КАРТУ МІСЦЕВОСТІ ІЗОМЕТРИЧНОЇ СІТКИ З ВІДПОВІДНИМИ ГЕОМЕТРИЧНИМИ ФІГУРАМИ

Несвідомін В.М., д.т.н., професор, ¹ Пилипака С.Ф., д.т.н., професор, ¹ 102

ДО ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ СТУДЕНТІВ: ЧИТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОБ'ЄКТІВ

Юрчук В.П., д.т.н., проф., Баскова Г.В., ст. викладач, Грубич М.В., асистент, Чижов Д.А. 108

ПОБУДОВА ПОЛОЖЕННЯ ТОЧОК З ВІД'ЄМНИМИ КООРДИНАТАМИ У ЛІВОМУ І ПРАВОВОМУ НАПІВПРОСТОРАХ

Юрчук В.П., д.т.н., проф., Баскова Г.В., ст. викл., Макаренко М.Г. к.т.н., доц., Бабіков Д.О., студент..... 112

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОНЖЕРОНІВ КРИЛА, ДЕФОРМОВАНОГО ПІД ДІЄЮ ВЛАСНОЇ ВАГИ

Незенко А.Й., к.т.н. ¹ Козлов С.О., аспірант 117

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СІВБИ ЗЕРНОВИХ ВІДПОВІДНО ДО ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL

Ванін В.В., д. т. н., проф., ¹ Волоха М.П., д. т. н., ст.н.с., ² Юрчук В.П., д. т. н., проф., ² Болдирева Л.В., ст. н. с. ² 122

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ МОДЕЛІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛІА АВТОМАТИЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ

Жученко О.А., д.т.н., професор; Вознюк Т.А., ст. викладач; Щетінін Г.Д., студент 127

УЗАГАЛЬНЕНА ТЕОРЕМА ПРО ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ КУТІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ З КОЛОМ

Юрчук В.П., д. т. н., проф., Кузнєцов Ю. М., д. т. н., проф., Козловський А.Г. 131

3D МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ BLENDER

Надкернична Т.М., ст. викладач, Луцкевич Вол.А., студент Луцкевич Вік.А., студент 137

ІСТОРІЯ НАРІЗЕВОГО З'ЄДНАННЯ

Голова О.О., к.т.н., Воробйов О.М., Лазарчук-Воробйова Ю.В., Луданов Д.К. 140

ВИКЛАДАННЯ КУРСУ AUTODESK REVIT В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Колган А.В., асистент 146

ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕСТУВАННЯ ETL ПРОЦЕСУ БАЗ ДАНИХ

Лісова Д.М., студентка 5 курсу, група ІКМ-221в, Матюшенко М.В., д.т.н., доцент, 151

ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ РОБОТИЗОВАНОГО МАНІПУЛЯТОРА

Воробйов О.О.,¹ учень, Голова О.О., к.т.н., доцент, Луданов Д.К., старший викладач, Яблонський П.М., к.т.н., доцент, 155

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ ПРИ ВИКЛАДАННІ ІННОВАЦІЙНОГО КУРСУ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» НА ПРИКЛАДІ ТЕМИ «НЕРОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ»

Гнітецька Т.В., к.т.н., доцент, Гнітецька Г.О., к.пед.н., доцент, Коніков Д.А., студент Бабій В.В., студент 159

КОНСТРУКТИВНЕ ФОРМОТВОРЕННЯ ПОВЕРХНІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ТІЛА ЗА ЙОГО ОБРИСАМИ

Ванін В.В., професор, Грубич М.В., асистент, Кувшинов О.В., студент 164

ДВОРІЧНИЙ ДОСВІД РОБОТИ В ОНЛАЙН РЕЖИМІ

Коломийчук Н.М., старший викладач, Міхлевська Н.В., старший викладач, Кудлік П.С. 168

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРАВОСЛАВНОМУ ЦЕРКОВНОМУ УПРАВЛІННІ

Терещук М.О., к.т.н. 170

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МНОГОГРАННИКІВ ЗА ОБРИСОВИМИ ПРОЕКЦІЯМИ

Путятін Р.О., студент Юрчук В.П., д.т.н., проф., Гагарін О.О., к.т.н., доц. 174

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ТЕМОЮ «ВАЛ» В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ З КУРСУ “НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА”

Петрик Є.Ю., студентка, Овсієнко Л.Г., старший викладач, Залевський С.В., доцент. 179

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВДАНЬ З ТЕМИ «НАРІЗЬ. ДЕТАЛЬ З НАРІЗЮ» ДЛЯ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ З КУРСУ “НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ ТА ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА”

Шайда М.В., студент, Овсієнко Л.Г., старший викладач, Залевський С.В., доцент..... 183

АРХІТЕКТУРНИЙ ОРДЕР, ЯК ЗРАЗОК ДОСКОНАЛОСТІ І ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ФОРМИ

Надкернична Т.М., ст. викладач,¹ Казимір Д.Ю., студентка² 188

КОРИСТУВАЛЬНИЦЬКІ ТИПИ ЛІНІЙ AutoCAD ТА ЇХНЄ ЗАСТОСУВАННЯ В КРЕСЛЕНИКАХ СХЕМ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Лебедева О.О., старший викладач, Бовтун К., студентка 192

Алфавітний покажчик

Бабій В.В.	159	Кузнецов Ю. М.	131
Бабіков Д.О.	112	Куценко Л.М.	15
Баскова Г. В.	41	Лазарчук М.В.	71
Баскова Г.В.	108, 112	Лазарчук-Воробйова Ю.В.	140
Білицька Н.В.	23, 28, 33	Лапка Б. В.	41
Бобела Н.М.	75	Лебедева О.О.	192
Бовтун К.	192	Лесько О.М.	33
Болдирева Л.В.	122	Лісова Д.М.	151
Боряченко О.В.	33	Луданов Д.К.	140, 155
Ванін В.В.	4, 71, 122, 164	Луцкевич Вік.А.	137
Вірченко Г.А.	11, 71, 75	Луцкевич Вол.А.	137
Вознюк Т.А.	127	Макаренко М.Г.	112
Воліна Т.М.	85	Мартин Є.В.	65
Волоха М.П.	122	Мартинов В.Л.	81
Воробйов О.М.,	140	Матюшенко М.В.	151
Воробйов О.О.	155	Мельников Д.В.	58
Гагарін О.О.	174	Міхлевська Н.В.	168
Гетьман О.Г.	28, 33	Москаленко С.В.	33
Гнітецька Г.О.	159	Надкернична Т.М.	137, 188
Гнітецька Т.В.	159	Назарюк В.М.	95
Голова О.О.	140, 155	Незенко А.Й.	117
Гончаренко М.О.	65	Несвідомін В.М.	102
Грубич М.В.	108, 164	Несвідоміна О.В.	102
Гумен О.М.	46, 50, 54, 58, 62	Овсієнко Л.Г.	179, 183
Жученко О.А.	127	Оліферчук О.Ю.	75
Залевський С.В.	179, 183	Петрик Є.Ю.	179
Іванов С.В.	11	Пилипака С.Ф.	8, 102
Ільніцька Я.В.	50	Путятін Р.О.	174
Казимір Д.Ю.	188	Селіна І.Б.	46, 50, 54
Калиновський А.Я.	15	Сич Д.А.	62
Козлов С.О.	117	Тарасюк М.В.	28
Козловський А.Г.	131	Терещук М.О.	170
Колган А.В.	146	Хропост В.І.	8
Коломийчук Н.М.	168	Чижов Д.А.	108
Колосова О. П.	41	Чирва Т.Л.	81
Комяк В.М.	95	Шайда М.В.	183
Коніков Д.А.	159	Щербина О.І.	23
Кресан Т.А.	8	Щетінін Г.Д.	127
Кувшинов О.В.	164	Юрчук В.П.	108, 112, 122, 131, 174
Кудлік П.С.	168	Яблонський П.М.	4, 155