

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних систем та комп'ютерного моделювання
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему: Розроблення системи автоматизованого проєктування комоду для спальні засобами AutoCAD

Виконав: студент 4 курсу групи ІСТСЗ-21
спеціальності
126 "Інформаційні системи та технології"
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Крицишин М.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Сторожук О.Л.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Крошній І.М.
(прізвище та ініціали)

Львів – 2025

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

ННІ комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних систем та комп'ютерного моделювання
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 126 "Інформаційні системи та технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСКМ

Сторожук О.Л.

" 15 " 11 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кришчишин Марії Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення системи автоматизованого проєктування комоду для спальні засобами AutoCAD

керівник роботи Сторожук Олександр Леонідович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.11.2024 року №С-887

2. Термін подання студентом роботи 12.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Постановка задачі та її формалізація. Основні параметри та вимоги до проєктування корпусних меблів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) Стан проблемної області;

2) Інформаційне та математичне забезпечення;

3) Програмне та технічне забезпечення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація до диплому

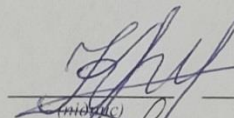
6. Дата видачі роботи 18.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

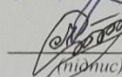
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних даних.	18.11.2024р. – 22.12.2024р.	виконано
2.	Розділ 1. Стан проблемної області.	27.12.2024р. – 09.01.2025р.	виконано
3.	Розділ 2. Інформаційне та математичне забезпечення.	13.01.2025р. – 06.02.2025р.	виконано
4.	Розділ 3. Програмне та технічне забезпечення.	04.03.2025р. – 15.05.2025р.	виконано
5.	Аналіз отриманих результатів та написання висновків. Оформлення дипломної роботи.	12.05.2025р. – 06.06.2025р.	виконано
6.	Здача пояснювальної записки на перевірку керівнику, виправлення помилок та здача роботи рецензенту.	10.06.2025 р.	виконано

Студент

Керівник роботи


(підпис)

Крижишин М.О.
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Сторожук О.Л.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота містить 43 сторінки пояснювальної записки, 6 рисунків, 1 додаток, 15 використаних джерел.

У роботі розроблено програмне забезпечення для автоматизованого проектування корпусних меблів на прикладі комода для спальні. Система реалізована у середовищі AutoCAD 2023 із використанням AutoLISP і DCL. Програма будує параметричну 3D-модель комода за заданими розмірами та генерує текстовий звіт із розмірами елементів, що підходить для подальшого проектування та виробництва.

Ключові слова: AutoCAD, AutoLISP, VisualLISP, DCL, 3D-моделювання, корпусні меблі, комод, параметричне проектування, програмне забезпечення.

ABSTRACT

The thesis contains 43 pages of explanatory notes, 6 figures, 1 appendix, and 15 references.

The thesis develops software for automated design of cabinet furniture using the example of a bedroom chest of drawers. The system is implemented in AutoCAD 2023 using AutoLISP and DCL. The program builds a parametric 3D model of the chest of drawers according to the specified dimensions and generates a text report with the dimensions of the elements, which is suitable for further design and production.

Keywords: AutoCAD, AutoLISP, VisualLISP, DCL, 3D modeling, cabinet furniture, chest of drawers, parametric design, software.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Розробити програмне забезпечення автоматизованого проектування комоду для спальні у вигляді додатку до AutoCAD 2023.

Програма повинна забезпечити:

- введення параметрів комоду: ширина, глибина, висота;
- автоматичну побудову 3D-моделі комоду в середовищі AutoCAD;
- автоматичний експорт параметрів у текстовий файл;
- інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс на основі DCL.

Програмне забезпечення має бути реалізоване засобами AutoLISP, VisualLISP та DCL у вигляді VLX-додатку для AutoCAD 2023. Очікується, що застосування розробленого програмного забезпечення сприятиме підвищенню точності моделювання, скороченню часу проектування та покращенню якості візуального подання виробу.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Характеристика об'єкта проєктування та постановка задачі.....	10
1.2 Аналіз сучасних САD-систем, що застосовуються у меблевому проєктуванні	11
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	18
2.1 Виділення об'єктів дослідження.....	18
2.2 Побудова дерева проблем та дерева цілей	19
2.3 Характеристики розроблюваного програмного продукту.....	22
2.4 Засоби математичного забезпечення	23
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	27
3.1 Основні функціональні можливості AutoCAD	27
3.2 Обґрунтування вибору програмного забезпечення та інструментів.....	31
3.3 Реалізація програмного забезпечення	33
ВИСНОВКИ.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ.....	46
ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ	46

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- САПР – система автоматизованого проєктування;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ІЗ – інформаційне забезпечення;
- AutoCAD – система автоматизованого креслення та моделювання від компанії Autodesk;
- LISP – мова програмування, орієнтована на обробку списків;
- AutoLISP – діалект мови LISP для розробки додатків у середовищі AutoCAD;
- VisualLISP – середовище для налагодження та розширеної роботи з AutoLISP;
- DCL – мова для опису діалогових форм в AutoCAD;
- GUI – графічний інтерфейс користувача (Graphical User Interface);
- 3D – тривимірне моделювання;
- 2D – двовимірне креслення;
- ПК – персональний комп’ютер;
- CAD – Computer-Aided Design (комп’ютерне автоматизоване проєктування);
- гл. – глибина (у мм);
- вис. – висота (у мм);
- шир. – ширина (у мм).

ВСТУП

У сучасному меблевому виробництві зростає потреба в автоматизованих рішеннях, що забезпечують високу точність, швидкість і варіативність проектування корпусних меблів. Зокрема, проектування комодів для спальні, як важливих елементів побуту – вимагає врахування як функціональності та ергономіки, так і конструктивної деталізації для подальшого виготовлення. У цьому контексті особливо актуальним є створення спеціалізованих інструментів для параметричного моделювання меблів у середовищах САД, таких як AutoCAD.

Комод є поширеним елементом інтер'єру, що виконує функцію зберігання речей та візуального зонування простору, і тому його проектування має відповідати як стандартам ергономіки, так і вимогам індивідуалізації. Процес створення моделей корпусних меблів, включаючи креслення, 3D-візуалізації та технічну документацію, часто супроводжується значним обсягом рутинної праці, потребує точності у розрахунках і є схильним до помилок через ручне введення параметрів. Традиційні методи розробки креслень ускладнюють оперативне внесення змін до конструкції, що істотно знижує ефективність проектування.

Існуючі універсальні САД-системи надають широкий спектр інструментів, проте не завжди орієнтовані на автоматизацію процесів, притаманних саме галузі меблевого проектування. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом створення спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизованого параметричного проектування меблів, що інтегрується в AutoCAD, забезпечуючи гнучкість, повторюваність та точність у формуванні моделей комоду різних конфігурацій.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого проектування корпусних меблів у САД-середовищі, який становить практичний інтерес для галузі меблевого виробництва та комп'ютерного моделювання.

Предмет дослідження – засоби та методи параметричного 3D-моделювання комоду для спальні із використанням мов AutoLISP, VisualLISP та DCL у середовищі AutoCAD, що дозволяють забезпечити автоматизацію побудови моделі та підготовку проєктної документації.

Метою роботи є розробка системи автоматизованого проєктування комоду для спальні засобами AutoCAD.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. проаналізувати проблеми традиційного моделювання корпусних меблів, що дасть змогу обґрунтувати доцільність автоматизації цього процесу;
2. сформулювати структуру системи автоматизованого проєктування з урахуванням особливостей комоду, що дасть можливість врахувати геометричні й функціональні залежності між елементами конструкції;
3. реалізувати програмний модуль побудови параметричної 3D-моделі в середовищі AutoCAD, що забезпечить гнучке проєктування з можливістю адаптації розмірів і конфігурацій;
4. створити інтерфейс введення параметрів і модуль експорту даних у текстовому форматі, які допоможуть оптимізувати підготовку технічної документації та розкрою.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Характеристика об'єкта проєктування та постановка задачі

У межах даної дипломної роботи об'єктом проєктування є **комод для спальні типу “LIMFJORDEN”**, призначений для зберігання одягу та побутових речей. Комод належить до категорії корпусних меблів і характеризується функціональністю, простотою конструкції, зручністю використання та стандартною модульністю, що дозволяє адаптувати його габарити під різні просторові вимоги інтер'єру.

Типова модель, взята за основу (на основі креслення та товарної позиції з сайту JYSK), має габарити: ширина – 1606 мм, висота – 783 мм, глибина – 480 мм. Конструкція включає шість висувних шухляд, розташованих у два вертикальні ряди по три штуки у одному ряді, корпус, задню стінку, напрямні, фасади та опори. Всі основні елементи з'єднуються відповідно до інструкції складання, при цьому ключовими для автоматизованого проєктування є типові розміри, розміщення вузлів кріплення та симетрична архітектура моделі.

З огляду на зазначене, важливо не лише візуалізувати комод, а й забезпечити його параметричну побудову: можливість змінювати кількість секцій, габарити, розміри шухляд, їхнє розміщення та інші конструктивні характеристики. Для досягнення цього необхідно створити програмний модуль, що реалізує логіку побудови моделі у середовищі AutoCAD з інтерактивним введенням параметрів користувачем.

Проблематика традиційного проєктування полягає в тому, що навіть незначні зміни у конструкції потребують повторного ручного редагування всіх креслень і 3D-моделі, що є трудомістким процесом. Крім того, ручне моделювання збільшує ризик помилок, особливо при повторюваному введенні розмірів, а також ускладнює адаптацію проєкту до індивідуальних вимог.

Таким чином, **актуальність проєкту** зумовлена потребою в створенні автоматизованої системи, яка дозволяє:

- швидко формувати параметричну 3D-модель комоду за вхідними даними;

- зменшити час, необхідний на побудову креслень;
- генерувати основну проєктну документацію;
- забезпечити гнучке оновлення конструкції без повного перемалювання.

У процесі реалізації проєкту **ставляться наступні практичні задачі:**

- реалізувати геометричну логіку побудови конструкції комоду у вигляді набору AutoLISP-функцій;
- автоматизувати створення 3D-моделі комоду в AutoCAD відповідно до введених розмірів;
- розробити інтерфейс на базі DCL для зручної взаємодії користувача із системою;
- реалізувати експорт технічних параметрів у форматі текстового файлу для подальшого формування специфікацій;
- забезпечити інтеграцію всіх елементів у вигляді єдиного VLX-додатку.

У підсумку, розроблена система має значно підвищити ефективність роботи конструктора меблів, забезпечити точність, масштабованість і придатність результатів до використання у виробництві.

1.2 Аналіз сучасних CAD-систем, що застосовуються у меблевому проєктуванні

Проєктування меблів неможливе без використання комп'ютерних систем автоматизованого проєктування (CAD), які забезпечують точне створення креслень, 3D-моделей, візуалізацій та іншої проєктної документації. Сучасні CAD-системи варіюються за функціональністю, рівнем складності, підтримкою параметризації, вартістю та відкритістю до програмного розширення. У цьому розділі розглянуто найбільш популярні програмні засоби, що застосовуються у сфері меблевого проєктування, з акцентом на їх придатність для автоматизації проєктування корпусних меблів – зокрема комодів.

AutoCAD – універсальна CAD-система, розроблена компанією Autodesk, яка підтримує як 2D-креслення, так і 3D-моделювання. Однією з ключових переваг AutoCAD є можливість створення власних програмних надбудов за

допомогою мов AutoLISP, VisualLISP і DCL, що дозволяє автоматизувати побудову параметричних моделей меблів. Саме ця можливість є основою для реалізації програмного модуля у межах даної дипломної роботи.

Переваги AutoCAD:

- підтримка 3D- та 2D-проектування;
- повна сумісність з DWG, DXF та САМ-системами;
- можливість створення власних скриптів і надбудов;
- гнучкість та універсальність.

Недоліки:

- висока вартість ліцензії;
- відсутність готових бібліотек меблевих блоків – усі елементи створюються вручну або програмно.

SketchUp – це популярна програма тривимірного моделювання, яка відзначається простотою інтерфейсу та невисоким порогом входу, завдяки чому вона широко використовується серед дизайнерів інтер'єрів, архітекторів, декораторів, а також початківців у галузі 3D-графіки. SketchUp розроблена компанією Trimble Inc. і має як безкоштовну веб-версію (SketchUp Free), так і професійні редакції (SketchUp Pro).

Ключовою особливістю SketchUp є можливість швидкого створення тривимірних моделей із застосуванням базових геометричних примітивів та інструментів трансформації. Додатково програма має інтеграцію з великою онлайн-бібліотекою 3D Warehouse, що містить тисячі готових моделей меблів, інтер'єрних елементів, техніки тощо. Це значно полегшує процес створення композицій, дозволяє швидко компоувати сцени та візуалізувати інтер'єри.

SketchUp також підтримує експорт у формати DWG, DXF, STL, що дозволяє частково інтегрувати його з іншими CAD-системами та 3D-принтерами. Інструменти накладання текстур, візуалізації тіней та основної геометричної інформації забезпечують достатній рівень наочності для створення ескізів і презентацій.

Однак, незважаючи на свої переваги у сфері візуального дизайну, SketchUp має обмеження, які знижують його ефективність для інженерного або меблевого проектування на професійному рівні:

- відсутність повноцінного параметричного моделювання – будь-які зміни моделі здійснюються вручну, без зв'язку між елементами або автоматичного оновлення при зміні габаритів;
- неможливість програмної автоматизації на рівні коду – середовище не підтримує мови скриптів або API, які дозволяли б створювати автоматизовані модулі (на кшталт AutoLISP у AutoCAD);
- низька точність – інструменти вимірювання і побудови не призначені для створення креслень з високими допусками, тому не можуть бути безпосередньо використані для виготовлення меблів;
- орієнтація на візуалізацію, а не на виробництво – у програмі відсутні засоби формування специфікацій, розрахунку розкрою, моделювання кріплень тощо.

Отже, SketchUp може бути корисним як допоміжний інструмент для попереднього ескізного моделювання або створення презентаційних візуалізацій, однак не придатний для автоматизованого проектування меблів, особливо з урахуванням вимог до точності, повторюваності та гнучкості проектних рішень.

SolidWorks – це одна з провідних у світі CAD-систем, розроблена компанією Dassault Systèmes, що використовується здебільшого в галузях машинобудування, приладобудування, автоматизації виробництва та промислового дизайну. Програма базується на параметричному моделюванні й дозволяє будувати детальні 3D-моделі, створювати збірки, проводити симуляції, генерувати креслення та специфікації згідно з міжнародними стандартами.

SolidWorks надає широкі можливості для:

- точного геометричного моделювання з використанням ескізів;
- моделювання складальних одиниць та вузлів з великою кількістю деталей;
- симуляції фізичних процесів (навантаження, деформація, термодинаміка);

- автоматичного створення креслень і технологічної документації;
- експорту на ЧПК-обладнання.

Попри свою потужність, SolidWorks менш придатний для проєктування корпусних меблів, зокрема комодів, через ряд об'єктивних причин:

- Програмне середовище SolidWorks зосереджене на точній інженерній деталізації складних механічних конструкцій, таких як двигуни, редуктори, підшипники тощо, а не на меблевих вузлах і з'єднаннях. Основні функції програми орієнтовані на металеві, а не дерев'яні конструкції.
- Відсутність вбудованих бібліотек або шаблонів, характерних для меблевої галузі – таких як стандартні шухляди, фасади, кріплення, напрямні – призводить до необхідності створення кожного елемента «з нуля».
- Надлишкова деталізація і складність моделювання робить SolidWorks менш зручним для швидкого конструювання серійних меблевих виробів або побудови параметризованих рішень для інтер'єру.
- Інтерфейс і логіка побудови моделей у SolidWorks вимагає значного досвіду, що ускладнює використання його у сфері, де потрібна швидкість і масовість, як-от у виробництві корпусних меблів.

У порівнянні з SolidWorks, AutoCAD є більш універсальним і гнучким середовищем саме для меблевого проєктування, особливо якщо йдеться про автоматизовану побудову корпусних меблів. AutoCAD дозволяє застосовувати скриптові мови, працювати зі спрощеною геометрією, підтримує широке коло інструментів для створення технічних креслень, і, що важливо, має більший досвід застосування в галузі деревообробки та інтер'єрного дизайну.

Таким чином, хоча SolidWorks і залишається одним із провідних інструментів у машинобудівному проєктуванні, його використання в меблевій галузі є обмеженим, а для автоматизованого проєктування корпусних меблів доцільніше використовувати більш адаптовані системи на зразок AutoCAD.

Fusion 360 – це інтегроване хмарне CAD/CAM-рішення від компанії **Autodesk**, що об'єднує інструменти тривимірного моделювання, симуляції,

візуалізації та генерації керуючих програм для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Програма позиціонується як універсальна платформа для інженерів, технологів, дизайнерів і малих виробництв, де потрібна швидка і точна розробка механічних компонентів або збірок.

Серед основних можливостей Fusion 360:

- параметричне та пряме 3D-моделювання;
- розрахунки напружено-деформованого стану, термоаналіз, динамічні симуляції;
- побудова складальних одиниць з можливістю анімації і перевірки на колізії;
- генерація G-кодів для верстатів з ЧПК (CAM-модуль);
- підтримка командної роботи, хмарного збереження і рендерингу.

Незважаючи на широкий функціонал, Fusion 360 орієнтований переважно на машинобудівну та приладобудівну промисловість, а не на меблеву галузь. Його переваги в галузі інженерії не конвертуються безпосередньо у переваги для розробників корпусних меблів. У контексті автоматизованого проєктування комодів або шаф, програма має низку обмежень:

- Інтерфейс і інструментарій Fusion 360 адаптовані для точного моделювання механічних деталей, з високими допусками та складною кінематикою, але не передбачають типових меблевих конструкцій – наприклад, плитних з'єднань, кромкування, стандартних кріплень, конформатів тощо.
- У Fusion 360 відсутні профільні бібліотеки для проєктування меблів, що змушує користувача створювати з нуля кожен вузол або деталь.
- Складність організації параметричного моделювання для меблів: хоча програма підтримує параметри, вона не має швидких шаблонів або логіки побудови корпусних меблів, що обмежує її продуктивність у сфері серійного меблевого проєктування.

- Залежність від постійного інтернет-з'єднання, оскільки Fusion 360 функціонує як хмарна платформа, що не завжди зручно в умовах локального офісу або виробництва.

У порівнянні з Fusion 360, AutoCAD є більш гнучким і адаптованим до задач меблевої галузі, зокрема завдяки можливості створення програмних модулів за допомогою AutoLISP, реалізації простих параметричних сценаріїв, доступу до середовища 2D-креслення і 3D-моделювання без зайвого навантаження інтерфейсом.

Таким чином, хоча Fusion 360 і є потужним інструментом для машинобудівного проектування, у галузі автоматизованого проектування корпусних меблів його доцільність є обмеженою, а для розробки гнучких, скриптових CAD-рішень у середовищі AutoCAD забезпечується краща підтримка та адаптивність до меблевої специфіки.

Cabinet Vision – це високоспеціалізована CAD/CAM-система, призначена для професійного проектування корпусних меблів, зокрема кухонь, шаф, гардеробів, тумб та інших вбудованих рішень. Розроблена компанією **Hexagon Manufacturing Intelligence**, ця система набула широкого поширення у деревообробній промисловості, особливо серед середніх і великих меблевих підприємств у США, Канаді та Європі.

Основними функціональними можливостями Cabinet Vision є:

- параметричне 3D-моделювання корпусних меблів із використанням готових шаблонів;
- автоматичне створення карт розкрою, креслень, специфікацій, переліків матеріалів;
- інтеграція з ЧПК-верстатами для генерування G-кодів та оптимізації виробничого циклу;
- модуль обліку вартості, оцінки матеріалів і калькуляції виробу;
- підтримка бібліотек фурнітури, матеріалів і стандартів меблевого виробництва.

Cabinet Vision максимально адаптований до виробничих потреб, однак його застосування в освітньому процесі або в середовищі індивідуального/експериментального проєктування має низку обмежень:

- Система є закритою і малоприсадною до розширення користувачем. Вона не підтримує створення власних модулів, скриптів чи алгоритмів, як це можливо в AutoCAD за допомогою AutoLISP чи DCL.
- Програмне середовище орієнтоване на типові вироби серійного виробництва, з мінімальною свободою у геометричній творчості. Це робить її менш придатною для розробки індивідуальних або нестандартних меблевих моделей, таких як дизайнерські комоди чи авторські конструкції.
- Висока вартість ліцензії та складність налаштування програмного комплексу під нетипові задачі часто унеможлиблює його використання в умовах малого бізнесу або індивідуального користувача.
- Основний інтерфейс англomовний, з обмеженою локалізацією для українських користувачів, що може створювати додаткові труднощі у навчальному процесі.

На відміну від Cabinet Vision, AutoCAD є більш універсальним і відкритим середовищем, яке дозволяє створювати індивідуальні рішення для проєктування меблів. Завдяки гнучкому скриптовому підходу, програмний модуль в AutoCAD можна адаптувати під різні конструкції, розміри та стилі комодів, що значно важливіше у контексті освітньої задачі – створення автоматизованої системи проєктування.

Одже, Cabinet Vision ідеально підходить для меблевих фабрик та серійного виробництва, де важлива інтеграція з CAM/ERP-системами, однак для реалізації навчального або дослідницького проєкту з високою варіативністю конструктивних рішень доцільніше застосовувати AutoCAD, як більш гнучкий та програмно керований інструмент.

РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Виділення об'єктів дослідження

У межах даної дипломної роботи основну увагу зосереджено на процесі автоматизованого параметричного проектування корпусних меблів, зокрема комоду для спальні. Для коректного структурування програмного модуля та математичного опису задачі доцільно **виокремити основні об'єкти дослідження**, які беруть участь у побудові геометричної моделі виробу та взаємодіють у межах логіки системи.

Об'єкти дослідження можна умовно класифікувати на **геометричні, параметричні, логічні та інформаційні**.

1. **Геометричні об'єкти** – це складові конструкції меблевого виробу, які мають чітко визначені розміри, форму та взаємне розміщення. До них належать:

- верхня й нижня плита корпусу;
- бокові панелі;
- задня стінка;
- горизонтальні перегородки (при наявності);
- фасади;
- шухляди;
- напрямні та декоративні елементи.

2. **Параметричні об'єкти** – це числові змінні, які визначають основні розміри виробу та його внутрішню структуру. Основними параметрами є:

- ширина, висота, глибина комоду;
- кількість секцій по горизонталі;
- кількість шухляд у кожній секції;
- товщина матеріалу;
- зазори між деталями;
- висота ніжок (при їх наявності).

3. **Логічні об'єкти** – це правила та умови, за якими формується зв'язок між елементами конструкції. До них належать:
- залежності розташування панелей;
 - правила симетрії (наприклад, рівна кількість шухляд у лівому та правому стовпцях);
 - обмеження на мінімальні/максимальні розміри;
 - правила допусків і зазорів.
4. **Інформаційні об'єкти** – це структури даних, які зберігають значення параметрів, результати розрахунків та передаються між модулями програми. Серед них:
- вхідні параметри (введені користувачем);
 - вихідні геометричні координати;
 - таблиці специфікацій;
 - файл конфігурації моделі (у текстовому форматі);
 - шаблони креслень.

Виділення та структуризація зазначених об'єктів є необхідною умовою для формування коректної математичної моделі системи автоматизованого проєктування та подальшої реалізації програмного модуля в середовищі AutoCAD.

2.2 Побудова дерева проблем та дерева цілей

Для обґрунтування доцільності автоматизації процесу проєктування корпусних меблів та формування ефективного технічного завдання доцільно провести системний аналіз вихідної проблемної ситуації, виявивши основні недоліки ручного проєктування та напрями їх усунення. З цією метою доцільно побудувати дерево проблем, що дозволяє виявити першопричини основних труднощів, та дерево цілей, яке визначає напрями та засоби їх усунення. Такий підхід забезпечує логічну послідовність у прийнятті інженерних рішень і формуванні структури програмного модуля.

Дерево проблем

Головна проблема: *Високий рівень трудомісткості та можливість помилок при ручному проектуванні корпусних меблів.*

Ручне створення креслень і моделей потребує значних часових ресурсів, вимагає технічної уважності та не виключає впливу людського фактора. Це знижує ефективність усього процесу проектування, ускладнює модифікацію моделей під індивідуальні замовлення та підвищує ризик геометричних або логічних помилок у технічній документації.

Основна проблема 1: *Неточність геометричних розрахунків*

- **Причина 1.1** – відсутність автоматизації обчислень.

Розрахунки габаритів, пропорцій, товщин і розташування елементів здійснюються вручну або у сторонніх застосунках (наприклад, Excel, калькулятор), що не інтегруються з CAD-середовищем. Це призводить до дублювання введення даних і збільшує ймовірність помилок.

- **Причина 1.2** – помилки при введенні розмірів вручну.

Навіть кваліфіковані користувачі можуть вводити неправильні значення – через пропуски, помилки в одиницях виміру, або неправильний формат чисел. У відсутності автоматичної перевірки такі помилки не виявляються до завершення проекту, що зумовлює додаткові витрати часу на виправлення.

Основна проблема 2: *Ускладнене адаптування конструкцій до змін у вимогах замовника*

- **Причина 2.1** – відсутність параметричної побудови.

Зміна однієї деталі вимагає повного редагування пов'язаної геометрії вручну, без автоматичного оновлення решти елементів.

- **Причина 2.2** – відсутність повторного використання моделей.

Моделі не мають змінних параметрів, що унеможлиблює їхнє швидке перетворення під нові розміри або комплектації.

Основна проблема 3: *Затримки у формуванні документації та креслень*

- **Причина 3.1** – розділення процесів моделювання та креслення
Моделювання і створення креслень відбуваються в різних середовищах або на різних етапах, що потребує додаткової синхронізації та перевірок.
- **Причина 3.2** – відсутність автоматичного формування специфікацій
Дані про кількість деталей, їхні розміри, матеріали тощо доводиться вносити вручну, що спричиняє помилки в специфікаціях та збільшує час оформлення технічної документації.

Дерево цілей (рішень)

Головна ціль: *Підвищення ефективності та точності проектування корпусних меблів шляхом автоматизації побудови параметричних моделей.*

Автоматизація процесу проектування дозволяє зменшити вплив людського фактора, пришвидшити створення моделей, спростити адаптацію під замовника та забезпечити узгодженість між 3D-моделлю, кресленнями й технічною документацією.

Ціль 1: *Забезпечити точність геометричних обчислень*

- **Підціль 1.1** – автоматизувати обчислення розмірів і пропорцій.
Реалізувати систему залежностей між параметрами (висота, ширина, кількість секцій, товщина плити тощо) для уникнення ручного розрахунку.
- **Підціль 1.2** – впровадити перевірку вхідних параметрів.
Автоматична валідація введених значень (допустимі діапазони, кратність, одиниці виміру) для запобігання помилкам.

Ціль 2: *Забезпечити легке адаптування конструкції під змінні вимоги*

- **Підціль 2.1** – створити параметризовану 3D-модель комоду
Побудова геометрії, що змінюється автоматично залежно від введених користувачем значень.
- **Підціль 2.2** – забезпечити гнучке масштабування та конфігурування.
Реалізувати змінні, що дозволяють легко змінювати кількість шухляд, секцій, розміри без повного переделювання.

Ціль 3: *Автоматизувати формування креслень і супровідної документації*

- **Підціль 3.1** – автоматично генерувати 2D-креслення з 3D-моделі.

Побудова основних проєктних проєкцій (вигляд спереду, зверху, з розмірами) автоматично на основі моделі.

- **Підціль 3.2** – створити засіб формування специфікації.

Автоматичний підрахунок кількості деталей, розмірів, матеріалів та експорт у табличну форму (txt/CSV).

Ціль 4: *Забезпечити зручну взаємодію користувача з системою*

- **Підціль 4.1** – розробити графічний інтерфейс введення параметрів.

Впровадження діалогового вікна (DCL) з полями введення, кнопками та підказками.

- **Підціль 4.2** – забезпечити наочний вивід результатів побудови.

Візуальне представлення 3D-моделі після побудови з можливістю перегляду та масштабування.

2.3 Характеристики розроблюваного програмного продукту

У межах даної дипломної роботи розробляється програмний модуль автоматизованого проєктування корпусних меблів (на прикладі комоду для спальні) із використанням інструментів AutoCAD та мови AutoLISP. Продукт є системою параметричного моделювання, що дозволяє користувачу в інтерактивному режимі ввести ключові геометричні параметри виробу й автоматично згенерувати тривимірну модель із супровідною креслярською документацією.

Розроблювана система поєднує в собі набір програмних функцій (AutoLISP-скриптів) та графічний інтерфейс користувача (на базі DCL), що забезпечує зручну взаємодію з кінцевим користувачем.

Основні характеристики програмного модуля:

- **Параметричність:** побудова 3D-моделі комоду відбувається на основі введених користувачем параметрів – ширини, висоти, глибини, кількості секцій, шухляд, товщини плити тощо. Всі розрахунки та побудова деталей

здійснюються автоматично відповідно до заданих співвідношень і обмежень.

- **Гнучкість та масштабованість:** система дозволяє створювати моделі комодів з різною параметричною конфігурацією.
- **Інтерактивний інтерфейс:** користувач має змогу вводити параметри моделі через діалогове вікно та валідацією даних, що знижує ймовірність помилок та спрощує користування системою навіть для новачків.
- **Інтеграція з AutoCAD:** продукт працює безпосередньо в середовищі AutoCAD, використовуючи його графічне ядро для побудови об'єктів, що забезпечує високу точність, сумісність з іншими проектами, а також можливість подальшого експорту креслень у формати DWG/DXF.
- **Автоматичне генерування креслень:** передбачається можливість формування основних проєкцій комоду (вигляд спереду, зверху, збоку), нанесення розмірів та експорт у вигляді креслярської документації.
- **Структура вихідних даних:** модельна інформація (розміри, позиції, специфікація) може зберігатися у вигляді структурованих текстових файлів (наприклад, CSV або TXT) для подальшої обробки чи формування відомостей матеріалів.
- **Автоматизація повторюваних дій:** продукт значно зменшує потребу у ручному кресленні однотипних моделей комодів та дозволяє зекономити час, підвищити точність та забезпечити стандартизацію виробничої документації.

Загалом, створений модуль спрямований на підвищення продуктивності праці конструктора, забезпечення точності побудови геометрії виробу та покращення адаптації проєктів під індивідуальні вимоги клієнта чи виробництва.

2.4 Засоби математичного забезпечення

Математичне забезпечення створюваної системи автоматизованого проєктування корпусних меблів є її логічним ядром, що забезпечує

обчислювальну точність, геометричну коректність, адаптивність до параметрів виробу та автоматизацію всіх етапів побудови – від введення вхідних даних до генерації креслень і специфікацій.

Весь алгоритм проектування реалізовано за допомогою мови AutoLISP, інтегрованої у середовище AutoCAD. Це забезпечує пряме керування процесом моделювання, повну інтеграцію з базовими функціями AutoCAD і можливість візуального виводу результатів побудови.

Основні функції математичного забезпечення:

• Валідація та інтерпретація вхідних параметрів

Програма розпочинає роботу з отримання від користувача ключових параметрів майбутнього виробу: загальної висоти, ширини, глибини комоду, кількості секцій і шухляд, товщини матеріалу, технологічних зазорів тощо.

Математичне забезпечення відповідає за:

- перевірку допустимих діапазонів значень;
- переведення введених величин у числовий формат;
- обробку умов (наприклад, кратність, мінімальні відступи);
- захист від введення некоректних або нелогічних даних (наприклад, висота шухляди < 0 або ширина $<$ товщини стінок).

Цей етап критично важливий для попередження помилок у геометрії, які могли б зробити подальше проектування неможливим або недостовірним.

Розрахунок геометричних розмірів конструктивних елементів

На основі введених користувачем даних система автоматично розраховує точні розміри всіх деталей корпусу. Зокрема:

- ширина кожної секції розраховується з урахуванням кількості стояків і товщини панелей;
- висота кожної шухляди – з урахуванням зазорів та товщини матеріалу;
- довжина напрямних, глибина посадки елементів, місця кріплення фасадів – також визначаються математично.

Ці обчислення гарантують повну узгодженість між елементами конструкції, виключають необхідність ручного редагування та зменшують час створення креслень у кілька разів.

Генерація координат для побудови 3D-моделі

Кожен елемент комоду (дно, боковини, полиці, фасади, шухляди) розміщується у тривимірному просторі AutoCAD за заздалегідь обчисленими координатами. Визначаються:

- точка вставки деталі;
- габаритні розміри (довжина, ширина, висота);
- орієнтація у просторі;
- взаємне положення відносно інших компонентів.

Побудова відбувається в координатній системі AutoCAD, з відліком від нижнього лівого кута корпусу, що забезпечує логічність та повторюваність геометрії у будь-яких конфігураціях.

Формування складних об'єктів та логіка складання

Математичне забезпечення містить набір функцій для комбінування простих геометричних об'єктів у більш складні. Наприклад:

- об'єднання елементів у секції;
- вставка шухляд у корпус;
- формування отворів, ніш або пазів за допомогою логічних операцій (віднімання, перетин, об'єднання об'ємів).

Так реалізується **побудова логічно цілісної конструкції**, яка враховує реальні особливості збирання меблів та відображає їх у тривимірному просторі.

Автоматизоване формування креслень та звітності

Завершальним етапом є використання сформованої моделі для створення технічної документації:

- автоматичне нанесення розмірів на 2D-креслення;
- генерація таблиці специфікацій;
- формування текстових файлів (наприклад, CSV) зі списком деталей, їхніми габаритами та кількістю;

- експорт креслень у форматах, сумісних із виробничими процесами (DWG, DXF).

Це дозволяє інженеру одразу після побудови моделі передати дані на виробництво без ручного дублювання інформації, зменшуючи ризик помилок та втрат даних.

Математичне забезпечення системи автоматизованого проєктування корпусних меблів забезпечує повний цикл обробки параметричних даних: від валідації введених значень до створення точної 3D-моделі та супровідної документації. Реалізоване засобами AutoLISP, воно не лише автоматизує повторювані дії, але й забезпечує масштабованість, точність і сумісність з виробничими процесами.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Основні функціональні можливості AutoCAD

AutoCAD є одним із найбільш універсальних програмних засобів автоматизованого проектування, який широко застосовується у машинобудуванні, будівництві, електротехніці, архітектурі та меблевому виробництві. Його функціональні можливості забезпечують повний цикл проектування: від ескізу до створення технічної документації, що відповідає стандартам.

Нижче розглянуто ключові можливості AutoCAD, які використовуються при автоматизованому проектуванні корпусних меблів.

Побудова двовимірних креслень (2D)

AutoCAD має потужні інструменти для побудови точних двовимірних геометричних об'єктів, що лежать в основі креслярської документації. До базових графічних елементів належать: лінії, кола, дуги, еліпси, прямокутники, полілінії, багато-кутники. Інтерфейс дозволяє задавати координати точок вручну або за допомогою об'єктних прив'язок, забезпечуючи високу точність.

Додатково доступні функції:

- використання шарів (layers) для поділу графічних елементів за функціональним призначенням;
- налаштування стилів ліній, кольорів, товщини, що відповідають стандартам креслення;
- створення виносок, написів, розмірних ліній, які автоматично адаптуються до масштабу креслення.

Для інженера-мебляра можливість формування точної 2D-документації забезпечує сумісність з виробництвом, особливо при передачі креслень у САМ-системи.

Створення тривимірних моделей (3D)

AutoCAD підтримує тривимірне (3D) моделювання, що дозволяє наочно візуалізувати майбутній виріб. Це особливо важливо при проектуванні корпусних меблів, оскільки конструкція часто містить складні зв'язки між деталями, які важко візуалізувати у площині.

Основні засоби 3D-моделювання:

- побудова об'ємних примітивів: кубів, циліндрів, конусів, сфер;
- інструменти для редагування тіл (extrude, revolve, sweep, loft);
- можливість виконання булевих операцій над об'ємами: додавання, віднімання, перетин;
- створення відкритих і закритих оболонок, які використовуються для моделювання стінок, полицок, шухляд;
- навігація у просторі: ізометричні та перспективні проєкції, візуальні стилі, тіні та освітлення.

Використання 3D дозволяє користувачу одразу побачити конфігурацію виробу, переконатися у його відповідності технічному завданню та виявити помилки до моменту створення креслень.

Параметричне моделювання

Однією з важливих переваг AutoCAD є підтримка параметричних обмежень, яка дозволяє встановлювати зв'язки між геометричними об'єктами:

- геометричні обмеження: паралельність, перпендикулярність, симетрія, концентричність;
- розмірні обмеження: довжина відрізка, радіус, відстань між об'єктами, кут.

Це дає змогу створювати адаптивні креслення, які змінюються автоматично при зміні одного або кількох параметрів. Наприклад, змінивши ширину корпусу, система самостійно змінює положення перегородок, фасадів і шухляд.

У дипломному проєкті параметричні залежності реалізовано також засобами AutoLISP, що дозволяє автоматизувати побудову типових конструкцій.

Використання блоків та динамічних блоків

У AutoCAD можна створювати блоки – групи об’єктів, які використовуються повторно. Це особливо корисно при проектуванні меблів, де зустрічаються однотипні елементи: ручки, фасади, отвори під кріплення тощо.

Ключові можливості:

- створення звичайних блоків з фіксованими параметрами;
- застосування динамічних блоків, які містять параметри, що змінюють форму або розміри без втрати зв’язків;
- можливість налаштувати вигляд блоку у кількох станах, наприклад – з різними отворами, висотою, формою тощо;
- створення бібліотек меблевих компонентів для багаторазового використання.

У межах дипломного проєкту блоки можуть використовуватися для типових частин комоду (напр. ручка, ніжка, напрямна).

Інтеграція з AutoLISP

AutoLISP – це мова програмування, інтегрована безпосередньо в AutoCAD. Вона дозволяє автоматизувати більшість операцій проектування, створюючи скрипти, що:

- будують геометричні об’єкти на основі заданих параметрів;
- виконують розрахунки, перевірки та побудову залежностей;
- створюють користувацькі інтерфейси введення (засобами DCL);
- генерують креслення та формують специфікації.

У межах проєкту AutoLISP використовується для реалізації всієї логіки побудови комоду: від введення параметрів до формування 3D-моделі та креслень.

Анотування та оформлення креслень

AutoCAD надає великий арсенал засобів для анотаційного оформлення креслень відповідно до стандартів (ДСТУ, ISO):

- нанесення розмірів (лінійних, радіальних, кутових, координатних);
- створення таблиць, текстових написів, штампів;

- стилізація тексту, шрифтів, розмірних ліній, полів;
- використання шаблонів (layout), які дозволяють стандартизувати оформлення аркушів.

Ці інструменти дають змогу одразу після моделювання оформити креслення у вигляді, придатному для подання в бюро технічного контролю або на виробництво.

Підтримка різних форматів файлів

AutoCAD підтримує імпорт та експорт у великий перелік форматів:

- DWG – основний формат креслень;
- DXF – обмін даними з іншими CAD-системами;
- PDF – створення креслень для перегляду та друку;
- STL – для 3D-друку;
- DGN, SAT, 3DS, IFC – інтеграція з архітектурними, інженерними та BIM-системами.

Це забезпечує гнучкість інтеграції AutoCAD у будь-який виробничий або інженерний процес.

Користувацькі інтерфейси

AutoCAD дозволяє розробляти власні інтерфейси користувача з полями введення, кнопками та списками за допомогою:

- DCL (Dialog Control Language) – опису зовнішнього вигляду форм;
- AutoLISP – логіки їхньої взаємодії з моделлю;
- .NET API або VBA – для створення складніших інтерактивних програм.

Такі інтерфейси значно полегшують введення параметрів користувачем та мінімізують помилки.

AutoCAD є потужним середовищем САПР, яке поєднує точність, гнучкість, автоматизацію та підтримку інтерфейсів програмування. У межах дипломного проєкту його функціонал забезпечує реалізацію повного циклу автоматизованого проєктування корпусних меблів – від параметричного введення даних до створення моделі та креслень, придатних для виробництва.

3.2 Обґрунтування вибору програмного забезпечення та інструментів

У процесі розроблення системи автоматизованого проєктування корпусних меблів критично важливим є вибір відповідного програмного забезпечення, яке забезпечить необхідний рівень точності, адаптивності, інтеграції та автоматизації. З огляду на вимоги до розробки моделі комоду, побудови креслень і формування специфікацій, було проаналізовано низку популярних CAD-систем, після чого було обґрунтовано вибір саме AutoCAD як базового інструменту проєктування.

Аналіз альтернативних CAD-систем

Для порівняльного аналізу було розглянуто такі програмні продукти:

- SketchUp – проста у використанні система з великою бібліотекою моделей, орієнтована переважно на дизайнерів інтер'єру. Основним недоліком є відсутність параметричного моделювання та недостатня точність для інженерних завдань.
- SolidWorks – потужна система, орієнтована на машинобудування. Має широкі можливості для 3D-моделювання, однак її надлишкова складність і спрямованість на механічні вузли робить її малоефективною для проєктування меблів.
- Fusion 360 – хмарна платформа з можливістю параметричного моделювання. Попри зручність, вона менш адаптована до креслярських стандартів меблевої галузі та вимагає стабільного інтернет-з'єднання.
- Cabinet Vision – спеціалізоване ПЗ для меблевої промисловості, але має комерційну ліцензію з високою вартістю та обмежену можливість індивідуального програмування логіки побудови.

Обґрунтування вибору AutoCAD

На основі проведеного аналізу було обрано AutoCAD як основну платформу проєктування, оскільки вона забезпечує:

- високу точність геометрії та відповідність інженерним стандартам;

- можливість параметричного моделювання, включно з розмірними обмеженнями;
- гнучкість у побудові 2D- та 3D-моделей, що дозволяє реалізовувати складні меблеві конструкції;
- інтеграцію з мовою AutoLISP, яка дає змогу реалізувати повноцінну логіку побудови моделі комоду з можливістю автоматизації;
- широку підтримку форматів файлів (DWG, DXF, PDF), що спрощує подальший експорт у САМ-системи або для друку креслень;
- можливість створення інтерфейсів користувача через DCL (Dialog Control Language) для введення параметрів.

Крім того, AutoCAD має високий ступінь поширеності в інженерному середовищі, що забезпечує легку інтеграцію у виробничі процеси, наявність великої спільноти користувачів та численні навчальні ресурси.

Вибір мови програмування та додаткових інструментів

Для реалізації алгоритмів автоматизації було обрано:

- AutoLISP – вбудовану мову AutoCAD, яка дозволяє взаємодіяти з геометрією, координатами, параметрами моделі та діалоговими вікнами;
- DCL (Dialog Control Language) – для створення інтерфейсу введення параметрів користувачем у зручному графічному вигляді;
- формат TXT – для генерації специфікацій у вигляді переліку деталей.

Ці інструменти забезпечують достатню потужність для реалізації всіх вимог до САПР: від перевірки вхідних даних до побудови 3D-моделі та створення креслень.

Переваги використання AutoCAD у меблевому проєктуванні

AutoCAD у поєднанні з AutoLISP має низку специфічних переваг для проєктування корпусних меблів:

- гнучкість моделювання виробів будь-якої складності – як стандартних, так і індивідуальних конструкцій;
- адаптація під виробничі обмеження (розміри плит, фурнітури тощо);

- можливість автоматизованої генерації креслень та специфікацій, що підвищує точність і швидкість проєктування;
- мінімальні вимоги до ресурсів ПК, порівняно з 3D-солідними CAD-системами;
- можливість створення інструментів повторного використання (бібліотек елементів, блоків, шаблонів креслень).

Вибір програмного середовища AutoCAD з інтегрованою підтримкою AutoLISP та DCL є технічно й економічно доцільним для вирішення завдань автоматизованого проєктування корпусних меблів. Такий підхід забезпечує поєднання точності, автоматизації, відкритості до модифікацій та відповідності практичним потребам у межах сучасного меблевого виробництва.

3.3 Реалізація програмного забезпечення

У межах дипломного проєкту було розроблено програму мовою AutoLISP для середовища AutoCAD, яка реалізує автоматизовану побудову 3D-моделі корпусних меблів – зокрема, комода для спальні (рис.3.1). Основна мета – створити засіб, що дозволяє скоротити час проєктування, зменшити кількість помилок у кресленнях та забезпечити точність геометричних параметрів на основі введених даних. У цьому розділі детально описано реалізацію програмного забезпечення, розглянуто його архітектуру, логіку, ключові етапи обробки та побудову елементів меблів.

Для побудовання 3D об'єкту було взято параметри столу зображеного вище, а саме його схематичне зображення з габаритними розмірами (рис.3.2).

У результаті виконання програми формується тривимірна модель комода, яка повністю відповідає введеним користувачем параметрам. Така модель є придатною для генерації робочої документації, побудови креслень, подальшої візуалізації виробу у внутрішньому інтер'єрі або передачі на етап виробництва для розкрою та складання деталей. Автоматизований підхід значно підвищує ефективність проєктування, мінімізуючи вплив людського фактора та забезпечуючи повторюваність результатів.



Рисунок 3.1 – Комод LIMFJORDEN []

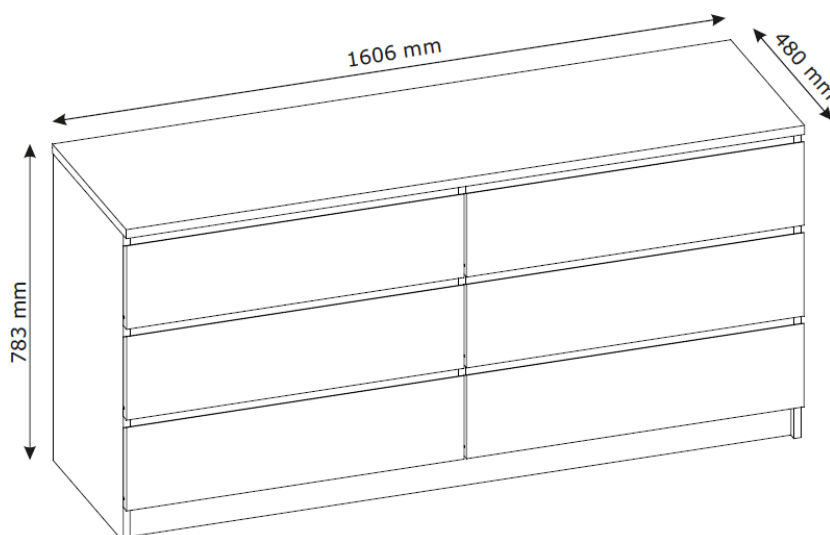


Рисунок 3.2 – Креслення комода з розмірами

Структура програми та допоміжні функції

Програма складається з кількох логічних частин. Основна функція `s:komod` викликається користувачем у середовищі AutoCAD командою `komod`. Вона включає налаштування середовища, зчитування параметрів, обчислення розмірів і побудову кожного елемента комода за допомогою допоміжної функції `box`.

(`defun box (xyz1 x1 y1 z1 /`

```
(vl-cmdf "_box" xyz1 "_l" x1 y1 z1 "")  
)
```

Ця допоміжна функція є обгорткою над командою AutoCAD BOX. Вона дозволяє автоматично створювати прямокутні паралелепіпеди у тривимірному просторі, що значно спрощує побудову кожної окремої деталі меблів.

Основна функція виглядає так:

```
(defun c:komod ()  
  ...  
)
```

Підготовка середовища AutoCAD

На першому етапі зберігаються поточні налаштування AutoCAD, щоб після виконання скрипта їх можна було повернути у початковий стан. Це стосується режимів ORTHOMODE, SNAPMODE, OSMODE та 3DOSMODE.

```
(setq p_ortho (getvar "ORTHOMODE")  
  p_snapm (getvar "SNAPMODE")  
  p_osmode (getvar "OSMODE")  
  p_3dosmode (getvar "3DOSMODE"))
```

Далі – відключення режимів прив'язки для запобігання спотворення моделі під час побудови:

```
(setvar "ORTHOMODE" 0)  
(setvar "SNAPMODE" 0)  
(setvar "OSMODE" 0)  
(setvar "3DOSMODE" 0)
```

Установка UCS (світової системи координат), вигляду «південно-східна ізометрія», відключення сітки:

```
(vl-cmdf "_UCS" "_World")  
(vl-cmdf "_-view" "_sei")  
(vl-cmdf "_vscurrent" "_c")  
(vl-cmdf "_grid" "_off")
```

Зчитування параметрів через діалогове вікно

Для гнучкості система використовує вікно введення параметрів.

Завантаження діалогового вікна реалізується так:

```
(if (<(setq dcl_id (load_dialog "C:/komod/vikno_com.dcl")) 0) (exit))  
(if (not (new_dialog "stil" dcl_id)) (exit))
```

Після підтвердження введення, система зчитує дані з елементів керування:

```
(action_tile "accept" (strcat  
  "(setq shur (atof(get_tile \"shur\")))"  
  "(setq glub (atof(get_tile \"glub\")))"  
  ... ))  
(start_dialog)
```

Це дозволяє користувачу задати індивідуальні параметри, включаючи:

- габарити комода;
- глибину та висоту шухляд;
- товщину фасадів та плит;
- технічні зазори під напрямні та обробку.

Геометричні розрахунки

Після отримання даних програма виконує необхідні обчислення:

```
(setq korpusH (- vus cokH))  
(setq totalPlity (* (+ m 1) t_p))  
(setq shuhH (/ (- korpusH totalPlity) m))  
(setq sekW (/ (- shur (* 3 t_p)) 2.0))
```

- korpusH – фактична висота корпусу, за вирахуванням цоколя.
- totalPlity – кількість плит у конструкції (полиці + дно).
- shuhH – вільна висота кожної шухляди.
- sekW – ширина однієї секції (враховуючи перегородки).

Побудова елементів корпусу

Кожен структурний елемент створюється послідовно:

Кришка:

```
(setq t1 (list x y (- (+ z vus) t_p)))  
(box t1 shur glub t_p)
```

Дно:

```
(setq t2 (list (+ x t_p) y (+ z cokH)))  
(box t2 (- shur (* 2 t_p)) glub t_p)
```

Боковини:

```
(setq t3 (list x y z))  
(box t3 t_p glub (- vus t_p)) ; ліва  
(setq t4 (list (+ x (- shur t_p)) y z))
```

```
(box t4 t_p glub (- vus t_p)) ; права
```

Середня перегородка:

```
(setq t5 (list (+ x (/ shur 2.0) (- (/ t_p 2.0))) y (+ z cokH t_p)))  
(box t5 t_p glub vys_stijky)
```

Цоколь:

```
(setq t6 (list (+ x t_p) (+ y glub (- t_p)) z))  
(box t6 (- shur (* 2 t_p)) t_p cokH)
```

Полиці:

```
(setq z1 (+ z cokH t_p shuhH))  
(setq t7 (list (+ x t_p) y z1))  
(box t7 sekW glub t_p)
```

Побудова шухляд

Шухляди формуються з кількох деталей, які мають окремі координати та розміри.

Для прикладу розглянемо побудову однієї із шести шухляд.

Ліва боковина шухляди:

```
(setq t_sh1 (list sx sy sz))  
(box t_sh1 sh_t sh_d sh_h)
```

Права боковина:

```
(setq t_sh2 (list (+ sx (- sh_w sh_t)) sy sz))  
(box t_sh2 sh_t sh_d sh_h)
```

Задня стінка:

```
(setq t_sh3 (list (+ sx sh_t) (+ sy (- sh_d sh_t)) (+ sz sh_t)))  
(box t_sh3 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
```

Дно з ДВП:

```
(setq t_sh4 (list (+ sx sh_t) sy (+ sz sh_t)))  
(box t_sh4 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
```

Фасад:

```
(setq t_sh5 (list (- sx sh_gap) (- sy fas_t) sz))  
(box t_sh5 sekW fas_t shuhH)
```

У результаті виконання коду створюється повноцінна тривимірна модель комода (рис. 3.3), яка точно відповідає введеним параметрам користувача та

може бути використана для подальшого оформлення креслень, фотореалістичної візуалізації або передачі у виробництво.

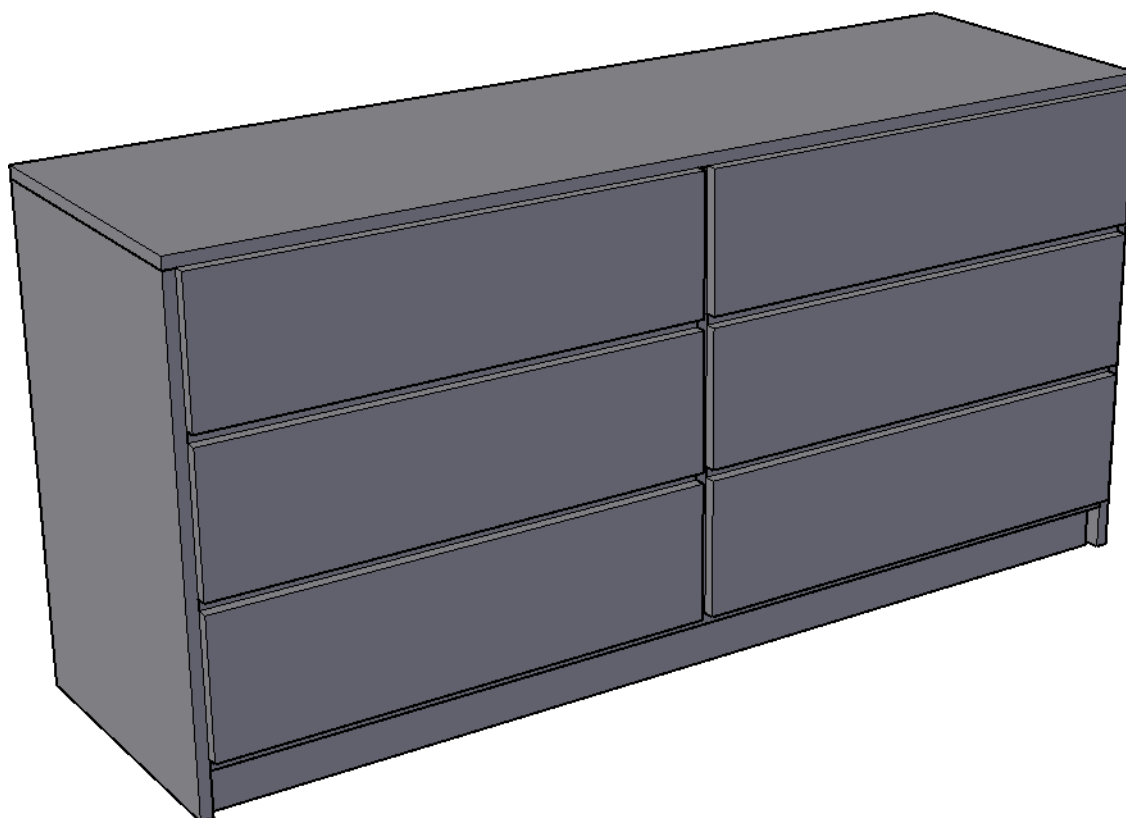


Рисунок 3.3 – Концептуальний вигляд (в перспективі) комода у середовищі AutoCAD2023.

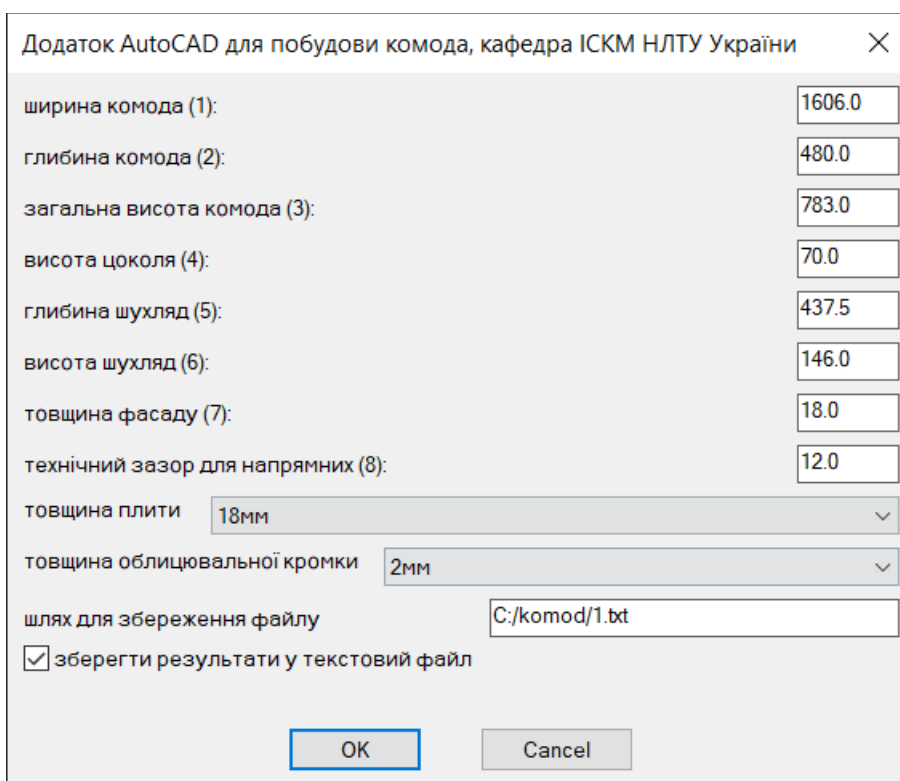
Інтерфейс користувача та взаємодія

У розробленій програмі для AutoCAD користувацький інтерфейс реалізовано за допомогою DCL (Dialog Control Language), що забезпечує зручну та зрозумілу взаємодію з користувачем. На етапі запуску функції `komod` відкривається діалогове вікно (рис. 3.4), у якому користувач має змогу задати ключові параметри майбутньої 3D-моделі комода.

У вікні передбачено текстові поля для введення геометричних характеристик виробу: ширини, глибини, загальної висоти, висоти цоколя, глибини та висоти шухляд, товщини фасаду і технічного зазору для напрямних. Також реалізовано два випадні списки (комбо-бокси) для вибору стандартної товщини плити та облицювальної кромки, що дозволяє швидко адаптувати

модель під типові матеріали. Окремо передбачено поле для вказання шляху збереження результатів у текстовий файл, що активується прапорцем.

Подібна структура інтерфейсу значно спрощує процес введення параметрів і зменшує ймовірність помилок, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілу роботу навіть для користувачів із мінімальним досвідом роботи з AutoCAD. Після підтвердження введених даних натисканням кнопки **ОК**, система автоматично передає їх у програмну частину для обробки та побудови моделі.



The image shows a dialog box titled "Додаток AutoCAD для побудови комода, кафедра ІСКМ НЛТУ України". It contains several input fields for cabinet dimensions and materials, a file path field, and a checkbox. The fields are: "ширина комода (1):" with value 1606.0, "глибина комода (2):" with value 480.0, "загальна висота комода (3):" with value 783.0, "висота цоколя (4):" with value 70.0, "глибина шухляд (5):" with value 437.5, "висота шухляд (6):" with value 146.0, "товщина фасаду (7):" with value 18.0, and "технічний зазор для напрямних (8):" with value 12.0. Below these are two dropdown menus for "товщина плити" (18мм) and "товщина облицювальної кромки" (2мм). A text field for "шлях для збереження файлу" contains "C:/komod/1.txt". A checkbox labeled "зберегти результати у текстовий файл" is checked. At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

Рисунок 3.4 – Діалогове вікно для побудови комода

Візуальний інтерфейс діалогового вікна реалізовано у файлі `vikno_com.dcl` (рис. 3.5), який визначає структуру діалогу, компонування елементів керування, їхні властивості та логічну організацію. Цей файл є важливою складовою програмного забезпечення, оскільки саме через нього користувач вводить початкові параметри для побудови 3D-моделі комода.

Інтерфейс побудовано із застосуванням контейнерів типу `:boxed_column` та `:column`, що дозволяє логічно групувати поля за тематичними блоками. Наприклад:

- блок із параметрами габаритів комода (ширина, глибина, висота);
- блок із параметрами шухляд;

- окремо – товщина плити, облицювальної кромки тощо.

Кожен елемент введення (`edit_box`) має унікальний ідентифікатор, як-от "shur", "glub", "vus" тощо. Ці ідентифікатори використовуються у програмному коді AutoLISP для зчитування значень, введених користувачем, за допомогою функцій `get_tile` і `atof`. Наприклад:

```
lisp
(setq shur (atof (get_tile "shur")))
```

Для зручності користувача над кожним полем зазначено відповідний підпис (`label`), що пояснює, які саме дані потрібно ввести. Наприклад:

```
dcl
label = "ширина комода (1):";
```

Також у вікні передбачено випадні списки (`popup_list`) для вибору стандартної товщини плити (наприклад, 16 мм або 18 мм) і товщини облицювальної кромки (1 мм або 2 мм). Це дозволяє швидко адаптувати параметри під типові виробничі сценарії без потреби ручного введення числових значень.

У нижній частині вікна розташоване поле для вказання шляху збереження результатів (`edit_box`) і прапорець (`toggle`) для активації експорту даних у текстовий файл. Завершується діалог двома стандартними кнопками: ОК (прийняти) та Cancel (скасувати).

Завдяки модульній побудові та чіткому іменуванню, інтерфейс легко адаптувати під інші типи меблів або розширити додатковими параметрами в майбутньому.

```
vikno_com.DCL
stil: dialog[label="Додаток AutoCAD для побудови комода, кафедра ІСКМ НЛТУ України";
:row[label="";
:column[label="";children_alignment=centered;
:edit_box[label="ширина комода (1):";key="shur";value="1606.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="глибина комода (2):";key="glub";value="480.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="загальна висота комода (3):";key="vus";value="783.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="висота цоколя (4):";key="cokH";value="70.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="глибина шухляд (5):";key="sh_d";value="437.5";edit_width=6;}
:edit_box[label="висота шухляд (6):";key="sh_h";value="146.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="товщина фасаду (7):";key="fas_t";value="18.0";edit_width=6;}
:edit_box[label="технічний зазор для напрямних (8):";key="sh_gap";value="12.0";edit_width=6;}
:popup_list[label="товщина плити ";key="h_1";list="18мм\n16мм";width=10;}
:popup_list[label="товщина облицювальної кромки";key="h1_1";list="2мм\n1мм";width=10;}
:edit_box[label="шлях для збереження файлу";key="b1_1";value="C:/komod/1.txt";edit_width=30;}
:toggle [label="зберегти результати у текстовий файл";key="b1";value="1";]
} //column
} //row
:spacer(height=1;);
ok cancel;
} //dialog
```

Рисунок 3.5 – Програмний код діалогового вікна на мові DCL

Формування результатів

У результаті виконання програми користувач отримує не лише автоматично побудовану тривимірну модель корпусних меблів, комод для спальні у середовищі AutoCAD, але й структуровані вихідні дані у вигляді текстового звіту (рис. 3.6). Реалізовано два основні способи формування результатів: візуальний (3D-модель виробу) та текстовий вивід параметрів у файл (1.txt), який зберігається у зручному для читання форматі.

```
1.txt: Блокнот
Файл Редагування Формат Вигляд Довідка
Розміри заготовок плити з урахуванням личківки:

Розміри заготовок комода:

1. Кришка комода:-----(1606.0 480.0)
2. Ліва боковина:-----(480.0 713.0)
3. Права боковина:-----(480.0 713.0)
4. Дно:----- (1570.0 480.0)
5. Середня вертикальна перегородка:----- (480.0 695.0)
6. Полиці (2 шт):----- (766.0 480.0)
7. Фасади шухляд (6 шт):----- (766.0 146.0)
8. Боковини шухляд (12 шт):----- (732.0 437.5)
9. Задні стінки шухляд (6 шт):----- (702.0 110.0)
10. Дно шухляд з ДВП (6 шт):----- (702.0 424.0)
11. Передня планка цоколя:----- (1570.0 70.0)

Розміри плити в чистоті (без личківки по торцях):

Розміри заготовок комода:

1. Кришка комода:----- (1602.0 476.0)
2. Ліва боковина:----- (476.0 709.0)
3. Права боковина:----- (476.0 709.0)
4. Дно:----- (1566.0 476.0)
5. Середня вертикальна перегородка:----- (476.0 691.0)
6. Полиці (2 шт):----- (762.0 476.0)
7. Фасади шухляд (6 шт):----- (762.0 142.0)
8. Боковини шухляд (12 шт):----- (728.0 433.5)
9. Задні стінки шухляд (6 шт):----- (698.0 106.0)
10. Передня планка цоколя:----- (1566.0 66.0)
```

Рисунок 3.6 – Результат запису у файл

У звітному текстовому файлі зафіксовано:

- основні габарити виробу: ширина, глибина, висота комода;
- кількість та розміри всіх основних плитних елементів – кришки, боковин, полиць, перегородок, дна;
- параметри шухляд: фасади, боковини, дно з ДВП та задні стінки;

- окремо зазначено планку цоколя, що формує нижню частину конструкції;
- кожен елемент подано у двох варіантах: з урахуванням обробки личківкою (крайками) та «в чистоті» – без припусків.

Таке структурування результатів забезпечує:

- зручність формування специфікації для розкрою;
- точну фіксацію проєктних рішень на момент побудови;
- можливість експорту у САМ-системи, виробничі планувальники, чи імпорт до програм контролю залишків матеріалів;
- архівування параметрів з можливістю повторного використання.

Таким чином, результат роботи програми – це не лише модель комода, готова до оформлення креслень та візуалізації, але й повноцінна документаційна база, що відображає всю технічну суть виробу, підтримує наступні етапи – від виробництва до контролю якості.

Розроблена програма на мові AutoLISP повністю автоматизує процес побудови 3D-моделі комода з урахуванням індивідуальних параметрів. Вона інтегрується в AutoCAD, забезпечує точність і параметричність, що дозволяє скоротити час проєктування в рази. Гнучка структура дозволяє легко адаптувати скрипт для побудови інших меблів або підключення до виробничих розкроювальних систем.

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проєкту було успішно реалізовано поставлену мету – розроблено систему автоматизованого проєктування корпусних меблів, а саме комода для спальні, із застосуванням програмування засобами AutoLISP у середовищі AutoCAD. У результаті реалізації вдалося досягти високої точності, спростити процес креслення та зменшити трудомісткість побудови моделі.

1. Систематизовано основні підходи до автоматизованого проєктування меблевих виробів у CAD-системах, розглянуто популярні інструменти, зокрема AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360, SketchUp, Cabinet Vision.
2. Проаналізовано можливості AutoCAD як платформи для створення параметричних моделей корпусних меблів, зокрема через мову AutoLISP, що дозволяє реалізувати гнучке математичне забезпечення та алгоритмізацію проєктних рішень.
3. Розроблено програмний модуль, який автоматизує побудову 3D-моделі комода на основі вхідних параметрів, включаючи розміри корпусу, шухляд, товщину плити та технічні зазори.
4. Проведено формалізацію елементів конструкції шляхом використання допоміжних функцій побудови у 3D-просторі та математичних обчислень для визначення координат усіх конструктивних компонентів.
5. Застосовано інтерактивний інтерфейс введення даних на основі DCL-файлу, що забезпечує зручність користувача при роботі з програмою та дозволяє змінювати параметри без потреби втручання в код.
6. Представлено візуальний результат проєктування у вигляді тривимірної моделі комода у середовищі AutoCAD, придатної для подальшого оформлення креслень, візуалізації та передачі у виробництво.
7. Виведено структурований текстовий звіт із габаритами кожного елемента виробу.
8. Встановлено, що застосування розробленої системи дозволяє зменшити ризик помилок, підвищити точність та прискорити підготовку виробничої документації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бортняк С. В., Бортняк А. С. Проєктування меблів у САД-середовищі. – Київ: Видавництво Ліра - К, 2022. – 278 с.
2. Autodesk. AutoCAD 2023 Help. – Ел. версія технічної документації AutoCAD, опублікована на офіційному сайті Autodesk. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://help.autodesk.com> (дата звернення: 05.06.2025)
3. Dassault Systèmes. SolidWorks 2024 User Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solidworks.com> (дата звернення: 05.06.2025)
4. Макаров С. Ю., Гончарук А. М. Параметричне моделювання в AutoCAD. – Дніпро: Наука і освіта, 2023. – 211 с.
5. Кайдалов В. І. AutoLISP і VisualLISP: програмування в AutoCAD. – Київ: Видавництво «Кондор», 2021. – 368 с.
6. Voikov D., Automation in AutoCAD using AutoLISP and VisualLISP // Journal of Computer-Aided Design. – 2020. – Vol. 52. – P. 55–61.
7. Глебов В. Ю. Основи роботи з DCL у середовищі AutoCAD // САД-системи. – 2021. – №2. – С. 45–52.
8. Чала О. О. Системи автоматизованого проєктування. Теорія і практика: навч. посіб. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 312 с.
9. Шевченко Р. І. Інженерна графіка з використанням AutoCAD. – Харків: Основа, 2018. – 198 с.
10. Крамаренко Т. А. Технології 3D моделювання для предметного дизайну // Вісник НТУ "ХПІ". – 2023. – №17(1407). – С. 33–38.
11. Wood Designer Ltd. PolyBoard Manual [Електронний ресурс]. – Офіційний посібник користувача PolyBoard з оглядом налаштувань бібліотек і можливостей CNC-експорту. – Режим доступу: <https://wooddesigner.org/polyboard-manual/> (дата звернення: 05.06.2025)
12. Tickoo, S. AutoCAD 2022 for Designers. – CAD/CIM Technologies, 2021. – 842 p.

13. Shaw, K. Residential Design Using AutoCAD 2023. – SDC Publications, 2022. – 648 p.
14. Kundert, K., & Jamieson, P. Parametric Design for CAD Systems: Concepts and Applications. – Springer, 2021. – 420 p.
15. Dix, M., & Riley, M. Discovering AutoCAD 2023. – Boston: Cengage Learning, 2022. – 912 p.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ

```
(defun c:komod ()
  (setq p_ortho (getvar "ORTHOMODE")
        p_snapm (getvar "SNAPMODE")
        p_osmode (getvar "OSMODE")
        p_3dosmode (getvar "3DOSMODE"))
  ;Вимикання режимів ORTHO, SNAP, OSNAP
  (setvar "ORTHOMODE" 0)
  (setvar "SNAPMODE" 0)
  (setvar "OSMODE" 0)
  (setvar "3DOSMODE" 0)
  ;Встановлення виглядів, тонування, відключення сітки
  (vl-cmdf "_UCS" "_World")
  (vl-cmdf "_-view" "_sei")
  (vl-cmdf "_vscurrent" "_c")
  (vl-cmdf "_grid" "_off")
  ;завантаження вікна
  (if (<(setq dcl_id (load_dialog "C:/komod/vikno_com.dcl")) 0) (exit))
  (if (not (new_dialog "stil" dcl_id)) (exit))
    (action_tile "accept" (strcat "(setq shur (atof(get_tile \"shur\")))"
                                   "(setq glub (atof(get_tile \"glub\")))"
                                   "(setq vus (atof(get_tile \"vus\")))"
                                   "(setq cokH (atof(get_tile \"cokH\")))"
                                   "(setq sh_d (atof(get_tile \"sh_d\")))"
                                   "(setq sh_h (atof(get_tile \"sh_h\")))"
                                   "(setq fas_t (atof(get_tile \"fas_t\")))"
                                   "(setq sh_gap (atof(get_tile \"sh_gap\")))"
                                   "(setq h_1_1 (atof(get_tile \"h_1\")))"
                                   "(setq h1_1_1 (atof(get_tile \"h1_1\")))")
```

```

"(setq b1 (atof(get_tile \"b1\")))"
  "(setq vuvid (get_tile \"b1_1\"))"
  "(done_dialog 0)")

(start_dialog)
;товщина плити
  (if (= h_1_1 0.0)
    (progn (setq t_p 18.0)
      (progn (setq t_p 16.0)
        );if
      (setq h t_p)
      ;товщина облицювальної кромки
      (if (= h1_1_1 0.0)
        (progn (setq vt7 2.0)
          (progn (setq vt7 1.0)
            );if
          (setq xyz (getpoint "\nВкажіть задній лівий нижній кут комоду: "))
          (setq x (car xyz)
            y (cadr xyz)
            z (caddr xyz))
          ;; Параметри
          ; (setq shur 1606.0
            ;   glub 480.0
            ;   vus 783.0
            ;   t_p 18.0
            ;   cokH 70.0
            ;   m 3 ; кількість секцій
            ; )
          (defun box (xyz1 x1 y1 z1 /)
            (vl-cmdf "_.box" xyz1 "_l" x1 y1 z1 ""))
          ;; Обчислення
          (setq korpusH (- vus cokH))
          (setq totalPlity (* (+ m 1) t_p)) ; m полиць + дно

```

```

(setq shuhH (/ (- korpusH totalPlity) m)) ; рівний простір між плитами
(setq sekW (/ (- shur (* 3 t_p)) 2.0))
;; === Побудова ===
;; Кришка
(setq t1 (list x y (- (+ z vus) t_p)))
(box t1 shur glub t_p)
(setq krushka (list shur glub t_p)) ; для виводу у файл
;; Низ комода
(setq t2 (list (+ x t_p) y (+ z cokH)))
(box t2 (- shur (* 2 t_p)) glub t_p)
(setq dno (list (- shur (* 2 t_p)) glub t_p)) ; для виводу у файл
;; Ліва боковина
(setq t3 (list x y z))
(box t3 t_p glub (- vus t_p))
(setq lewa (list t_p glub (- vus t_p)))
;; Права боковина
(setq t4 (list (+ x (- shur t_p)) y z))
(box t4 t_p glub (- vus t_p))
(setq prava (list t_p glub (- vus t_p)))
;; Середня вертикальна перегородка
(setq vys_stijky (- korpusH (* 2 t_p))) ; менша на 2 товщини
(setq t5 (list (+ x (/ shur 2.0) (- (/ t_p 2.0))) y (+ z cokH t_p)))
(box t5 t_p glub vys_stijky)
(setq serednya (list t_p glub (- korpusH t_p)))
;; Цоколь передній
(setq t6 (list (+ x t_p) (+ y glub (- t_p)) z))
(box t6 (- shur (* 2 t_p)) t_p cokH)
(setq cokil (list (- shur (* 2 t_p)) t_p cokH))

;; Полички (ручне розміщення по висоті)
;; Перша (нижня)
(setq z1 (+ z cokH t_p shuhH))

```

```

(setq t7 (list (+ x t_p) y z1))
(box t7 sekW glub t_p)
(setq t8 (list (+ x (* 2 t_p) sekW) y z1))
(box t8 sekW glub t_p)
;; Друга (середня)
(setq z2 (+ z1 t_p shuhH))
(setq t9 (list (+ x t_p) y z2))
(box t9 sekW glub t_p)
(setq t10 (list (+ x (* 2 t_p) sekW) y z2))
(box t10 sekW glub t_p)
;=====
;; === ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ШУХЛЯД ===
(setq sh_d 437.5) ; глибина
(setq sh_h 146.0) ; висота фасаду
(setq sh_t 18.0) ; товщина елементів
(setq sh_gap 12.0) ; зазор для напрямних
(setq sh_w (- sekW (* 2 sh_gap))) ; ширина шухляди
(setq fas_t 18.0) ; товщина фасаду
;; === ШУХЛЯДА 1 (ліва нижня секція) ===
(setq sx1 (+ x t_p sh_gap))
(setq sy1 y)
(setq sz1 (+ z cokH t_p))
(setq t_sh1_1 (list sx1 sy1 sz1))
(box t_sh1_1 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_1 (list (+ sx1 (- sh_w sh_t)) sy1 sz1))
(box t_sh2_1 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh3_1 (list (+ sx1 sh_t) (+ sy1 (- sh_d sh_t)) (+ sz1 sh_t)))
(box t_sh3_1 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_1 (list (+ sx1 sh_t) sy1 (+ sz1 sh_t)))
(box t_sh4_1 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_1 (list (- sx1 sh_gap) (- sy1 fas_t) sz1))
(box t_sh5_1 sekW fas_t shuhH)

```

```

;; ==== ШУХЛЯДА 2 (права нижня секція) ====
(setq sx2 (+ x (* 2 t_p) sekW sh_gap))
(setq sy2 y)
(setq sz2 sz1)
(setq t_sh1_2 (list sx2 sy2 sz2))
(box t_sh1_2 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_2 (list (+ sx2 (- sh_w sh_t)) sy2 sz2))
(box t_sh2_2 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh3_2 (list (+ sx2 sh_t) (+ sy2 (- sh_d sh_t)) (+ sz2 sh_t)))
(box t_sh3_2 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_2 (list (+ sx2 sh_t) sy2 (+ sz2 sh_t)))
(box t_sh4_2 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_2 (list (- sx2 sh_gap) (- sy2 fas_t) sz2))
(box t_sh5_2 sekW fas_t shuhH)

```

```

;; ==== ШУХЛЯДА 3 (ліва середня секція) ====
(setq sx3 sx1)
(setq sy3 sy1)
(setq sz3 (+ sz1 sh_h t_p))
(setq t_sh1_3 (list sx3 sy3 sz3))
(box t_sh1_3 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_3 (list (+ sx3 (- sh_w sh_t)) sy3 sz3))
(box t_sh2_3 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh3_3 (list (+ sx3 sh_t) (+ sy3 (- sh_d sh_t)) (+ sz3 sh_t)))
(box t_sh3_3 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_3 (list (+ sx3 sh_t) sy3 (+ sz3 sh_t)))
(box t_sh4_3 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_3 (list (- sx3 sh_gap) (- sy3 fas_t) sz3))
(box t_sh5_3 sekW fas_t shuhH)

```

```

;; ==== ШУХЛЯДА 4 (права середня секція) ====
(setq sx4 sx2)
(setq sy4 sy2)
(setq sz4 sz3)

```

```

(setq t_sh1_4 (list sx4 sy4 sz4))
(box t_sh1_4 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_4 (list (+ sx4 (- sh_w sh_t)) sy4 sz4))
(box t_sh2_4 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh3_4 (list (+ sx4 sh_t) (+ sy4 (- sh_d sh_t)) (+ sz4 sh_t)))
(box t_sh3_4 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_4 (list (+ sx4 sh_t) sy4 (+ sz4 sh_t)))
(box t_sh4_4 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_4 (list (- sx4 sh_gap) (- sy4 fas_t) sz4))
(box t_sh5_4 sekW fas_t shuhH)
;; ==== ШУХЛЯДА 5 (ліва верхня секція) ====
(setq sx5 sx1)
(setq sy5 sy1)
(setq sz5 (+ sz3 sh_h t_p))
(setq t_sh1_5 (list sx5 sy5 sz5))
(box t_sh1_5 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_5 (list (+ sx5 (- sh_w sh_t)) sy5 sz5))
(box t_sh2_5 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh3_5 (list (+ sx5 sh_t) (+ sy5 (- sh_d sh_t)) (+ sz5 sh_t)))
(box t_sh3_5 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_5 (list (+ sx5 sh_t) sy5 (+ sz5 sh_t)))
(box t_sh4_5 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_5 (list (- sx5 sh_gap) (- sy5 fas_t) sz5))
(box t_sh5_5 sekW fas_t shuhH)
;; ==== ШУХЛЯДА 6 (права верхня секція) ====
(setq sx6 sx2)
(setq sy6 sy2)
(setq sz6 sz5)
(setq t_sh1_6 (list sx6 sy6 sz6))
(box t_sh1_6 sh_t sh_d sh_h)
(setq t_sh2_6 (list (+ sx6 (- sh_w sh_t)) sy6 sz6))
(box t_sh2_6 sh_t sh_d sh_h)

```

```

(setq t_sh3_6 (list (+ sx6 sh_t) (+ sy6 (- sh_d sh_t)) (+ sz6 sh_t)))
(box t_sh3_6 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_t (- sh_h sh_t))
(setq t_sh4_6 (list (+ sx6 sh_t) sy6 (+ sz6 sh_t)))
(box t_sh4_6 (- sh_w (* 2 sh_t)) sh_d 5.0)
(setq t_sh5_6 (list (- sx6 sh_gap) (- sy6 fas_t) sz6))
(box t_sh5_6 sekW fas_t shuhH)

;=====

(princ)
)
stil: dialog{label="Додаток AutoCAD для побудови комода, кафедра ІСКМ НЛІТУ України";
:row{label="";
:column{label="";children_alignment=centered;
:edit_box {label="ширина комода (1):";key="shur";value="1606.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="глибина комода (2):";key="glub";value="480.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="загальна висота комода (3):";key="vus";value="783.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="висота цоколя (4):";key="cokH";value="70.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="глибина шухляд (5):";key="sh_d";value="437.5";edit_width=6;}
:edit_box {label="висота шухляд (6):";key="sh_h";value="146.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="товщина фасаду (7):";key="fas_t";value="18.0";edit_width=6;}
:edit_box {label="технічний зазор для напрямних
(8):";key="sh_gap";value="12.0";edit_width=6;}
:popup_list {label="товщина плити ";key="h_1";list="18мм\n16мм";width=10;}
:popup_list {label="товщина облицювальної кромки";key="h1_1";list="2мм\n1мм";width=10;}
:edit_box {label="шлях для збереження
файлу";key="b1_1";value="C:/komod/1.txt";edit_width=30;}
:toggle {label="зберегти результати у текстовий файл";key="b1";value="1";}
} //column
} //row
:spacer{height=1;}
ok_cancel;
} //dialog

```