

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО СИМБІОЗУ ПРОГРАМИ IMOS З ГНУЧКИМИ АВТОМАТИЗОВАНИМИ МЕБЛЕВИМИ ВИРОБНИЦТВАМИ

Обґрунтовано, що розробка програми Imos – це потужна система для проектування меблів, що дозволяє створювати тривимірні моделі, креслення та генерувати дані для автоматизованого виробництва. А симбіоз програми Imos з гнучкими автоматизованими виробництвами є важливим аспектом сучасного меблевого виробництва. Встановлено, що завдяки інтеграції Imos з автоматизованими виробничими лініями значно скорочується час на проектування та виготовлення меблів. Програма автоматично генерує дані для виробничих верстатів з ЧПУ, що мінімізує помилки та забезпечує швидкий перехід від етапу проектування до виготовлення. Перевірено, що сучасні гнучкі автоматизовані системи дозволяють легко налаштовувати виробничі процеси для виготовлення різних типів продукції на одній лінії. А Imos допомагає швидко адаптувати проекти під різні вимоги клієнтів, що дозволяє легко переходити від одного виробничого циклу до іншого без необхідності тривалого переналаштування обладнання. Встановлено, що завдяки можливостям Imos і гнучким автоматизованим виробництвам підприємства можуть надавати клієнтам продукцію, виготовлену під індивідуальні замовлення. А це дозволяє задовольнити різні потреби споживачів і створювати унікальні меблеві рішення. Визначено, що адаптація CAD-системи на основі Imos для проектування меблевих виробів є успішною інтеграцією та оптимізацією CAD-процесів на підприємстві. Використання програми дозволило не лише швидше та ефективніше проектувати меблі, але й створювати концепції з різною ціною вартістю, забезпечуючи гнучкість вибору матеріалів без втрати якості та функціональності виробів. Доведено, що Imos забезпечує можливість виготовлення меблів малими серіями без значних витрат на налаштування обладнання. А це важливо для підприємств, що працюють за моделлю масової кастомізації, коли кожне замовлення може мати унікальні характеристики. Актуально, що використання Imos у поєднанні з цифровими моделями та віртуальним моделюванням виробничих процесів дозволяє створити «цифровий двійник» виробництва, що допомагає тестувати процеси та виявляти можливі проблеми ще до початку фактичного виробництва. Встановлено, що симбіоз Imos з гнучкими автоматизованими виробництвами дозволяє досягти високої ефективності, гнучкості та точності у меблевому виробництві. Тобто така інтеграція не лише знижує виробничі витрати, але й сприяє підвищенню якості продукції, дозволяє швидко реагувати на потреби ринку та задовольняти індивідуальні вимоги клієнтів. Також адаптація CAD-системи Imos є стратегічно важливою для конкурентоспроможності підприємства на ринку меблевого виробництва, підтверджуючи роль гнучкої технології у просуванні індустрії вперед у сучасному економічному середовищі.

**Ключові слова:** CAD-системи, адаптація, вживана деревина, проектування, технологія, меблеві вироби, конструювання, перероблення, гнучке виробництво, циркулярна економіка.

**Вступ. Актуальність.** Актуальність створення адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи, такої як Imos, є високою в сучасній меблевій індустрії. Imos CAD/CAM є спеціалізованим рішенням для меблевої промисловості, яке інтегрує процеси проектування і виробництва [69-71]. Адаптивна система на базі Imos дозволяє не лише проектувати меблі, але й автоматично генерувати програми для ЧПК верстатів. Це знижує потребу в ручному програмуванні та скорочує час на передачу креслень у виробничий процес. Imos дозволяє швидко створювати і змінювати параметричні моделі меблів, що робить систему ідеальною для виробництва за індивідуальними замовленнями. Адаптив-

<sup>1</sup> Луценко Андрій Олегович – аспірант кафедри технології меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-31-75, +38-063-308-81-61. E-mail: [lutsenko.andrii@gmail.com](mailto:lutsenko.andrii@gmail.com)

на система проектування забезпечує можливість легко налаштовувати розміри, матеріали, стиль і конструкцію меблів відповідно до потреб клієнта, що є особливо важливим у сучасному ринку, де зростає попит на індивідуальні рішення.

Необхідно зазначити, що Imos CAD/CAM забезпечує ефективне використання матеріалів, оскільки система автоматично розраховує оптимальні схеми формування деталей. Це дозволяє мінімізувати витрати на матеріали та зменшити кількість відходів, що особливо актуально в умовах зростаючих цін на сировину та необхідності екологічної відповідальності. Imos підтримує високоякісну 3D-візуалізацію меблів, що дозволяє створювати реалістичні зображення проектів. Це спрощує процес узгодження і дає можливість візуально перевірити кінцевий виріб перед початком виробництва. Адаптивні системи на базі Imos дозволяють працювати з параметричним дизайном, що означає, що зміна одного параметра автоматично оновлює всі пов'язані елементи конструкції. Це особливо корисно для серійного виробництва меблів, коли можна легко адаптувати проект під різні розміри або специфікації без необхідності починати процес проектування з нуля. Завдяки адаптивності системи на базі Imos, меблеві компанії можуть швидко реагувати на зміни ринкових умов та вимог клієнтів. Можливість оперативно вносити зміни до проектів дозволяє гнучко підлаштовувати виробничий процес та залишатися конкурентоспроможними. Imos може інтегруватися з системами управління ресурсами підприємства (ERP), що дозволяє автоматично передавати дані про замовлення, виробничі плани, матеріали та терміни. Це спрощує управління всім виробничим процесом та забезпечує кращу координацію між відділами підприємства. Система на базі Imos автоматично генерує необхідні креслення, специфікації та інші документи, що спрощує підготовку виробництва та зменшує ймовірність людських помилок. Адаптивні системи проектування на базі Imos легко масштабуються для використання в компаніях різного розміру – від малих до великих.

Таким чином, створення адаптивної системи проектування меблів на базі Imos є надзвичайно актуальним і стратегічно вигідним для меблевих компаній, оскільки вона забезпечує ефективність, гнучкість, швидкість виробництва та адаптацію до ринкових потреб [1, 2, 7, 8, 36]

**Проблемність.** Створення адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи, такої як Imos, супроводжується певними *проблемами*, які можуть вплинути на її ефективність і впровадження. По-перше, Imos є спеціалізованим і потужним рішенням, яке потребує значних інвестицій для впровадження. Це включає вартість ліцензії на програмне забезпечення, покупку або оновлення обладнання, навчання персоналу та інтеграцію з іншими системами. Для малих і середніх підприємств такі витрати можуть бути обтяжливими. Система Imos потребує високої кваліфікації працівників для її ефективного використання. Персонал повинен мати навички роботи з CAD/CAM-системами, знання параметричного проектування та вміння взаємодіяти з ЧПК-верстатами. Це вимагає часу та ресурсів на навчання персоналу, а також може стати бар'єром для впровадження на підприємствах з низьким рівнем технічної підготовки.

Крім того, хоч Imos підтримує інтеграцію з ERP-системами та ЧПК-верстатами, інтеграція може бути складною і вимагати додаткової настройки. Кожне підприємство має свої унікальні процеси, які можуть не ідеально підходити під стандартні рішення Imos, що призводить до потреби у додатковій розробці і

налаштуванні програмного забезпечення. Imos є комплексною системою, яка містить багато функцій і можливостей, що може зробити її складною для звичайних користувачів. Неправильне налаштування параметрів або використання функцій може призвести до помилок у проектуванні або виробництві, що вимагає наявності досвідчених користувачів або консалтингової підтримки.

Попри те, що Imos підтримує параметричне проектування, деякі компанії можуть зіткнутися з обмеженнями у кастомізації системи для своїх специфічних потреб. Не всі особливості меблевого виробництва можуть бути відображені в стандартних налаштуваннях системи, що потребує додаткової кастомізації, яка може бути складною та дорогою. Як і будь-яка велика система, Imos потребує регулярного технічного обслуговування та оновлення. Це може створювати додаткові проблеми для підприємств, особливо якщо нові версії або патчі не завжди сумісні зі специфічними налаштуваннями, що використовуються на підприємстві. У випадку виникнення технічних проблем або збоїв необхідно звертатися до підтримки, що може затримувати виробничий процес. Процес впровадження адаптивної системи проектування на базі Imos може зайняти багато часу, особливо на великих підприємствах. Потрібно пройти етапи адаптації процесів, інтеграції з наявними системами, навчання персоналу, тестування та оптимізації.

Якщо компанія планує вийти на нові ринки з іншими стандартами та вимогами, система на базі Imos може потребувати значної адаптації. Це може стати проблемою при роботі в різних регіонах із різними законодавчими вимогами, що стосуються виробництва меблів, стандартів безпеки або екологічних норм. Використання Imos створює певну залежність від розробника програмного забезпечення. Якщо розробник зупинить підтримку або перестане випускати оновлення, компанія може опинитися в ситуації, коли потрібно шукати нове рішення або інвестувати в розробку альтернатив. Параметричне проектування є потужним інструментом, але його налаштування може бути складним і часозатратним. Параметри повинні бути точно налаштовані для кожного виробу, і будь-які помилки в налаштуванні можуть призвести до того, що система буде генерувати неправильні креслення або специфікації. Незважаючи на численні переваги використання Imos, створення адаптивної системи проектування меблів на її основі має свої виклики. Підприємствам потрібно зважувати як технічні, так і фінансові аспекти, а також підготуватися до можливих труднощів з інтеграцією, навчанням персоналу/

**Необхідність адаптування конструкції меблевого виробу, при якій має змінюватись вартість згідно вимог споживача без змін його функціоналу та якості за використання Imos CAD/CAM.** Адаптування конструкції меблевого виробу для зміни вартості, при цьому зберігаючи функціональність та якість, є важливим аспектом в меблевому виробництві, який описується показниками:

1. Imos CAD/CAM дозволяє створювати і модифікувати 3D-моделі меблів, що допомагає візуалізувати зміни конструкції і оцінити їх вплив на вартість. Ви можете швидко вносити зміни в дизайн і перевіряти, як ці зміни впливають на витрати матеріалів та час обробки. Програма може надати дані про витрати матеріалів, трудозатрати і час виготовлення, що дозволяє прорахувати різні варіанти конструкції і вибрати найбільш економічний без втрати якості.

2. Imos CAD/CAM підтримує модульне проектування, що дозволяє швидко замінювати окремі компоненти конструкції без зміни загального дизайну меблів.

Програма автоматично генерує креслення та технічні документи, що полегшує процес розрахунків та внесення змін. Це спрощує адаптацію конструкції до нових вимог споживача та допомагає уникнути помилок і забезпечити точність.

3. Imos CAD/CAM може бути інтегрована з системами автоматизації виробництва, що дозволяє швидко і точно реалізувати зміни в конструкції меблів на виробництві. Програма дозволяє провести симуляцію процесу виготовлення, що допомагає виявити потенційні проблеми на етапі проектування і уникнути їх в реальному виробництві. Загалом, використання Imos CAD/CAM для адаптації конструкції меблів дозволяє зберегти функціональність і якість виробу, забезпечуючи при цьому гнучкість у зміні вартості відповідно до вимог споживача.

**Актуальність створення адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи на базі Imos, виходячи із реалізації принципів циркулярної економіки.** Створення адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи на базі Imos може бути дуже актуальним для реалізації принципів циркулярної економіки, зокрема за такими позиціями:

1. Адаптивна система може допомогти в оптимізації використання матеріалів, зменшуючи відходи. Це важливо для циркулярної економіки, яка прагне максимально використовувати ресурси і зменшувати їх витрати [23, 24, 25, 37, 45, 61].

2. Система може бути налаштована для проектування меблів таким чином, щоб їх було легше розбирати та ремонтувати. Це підтримує довговічність продукції і полегшує її повторне використання або переробку [10, 16, 17, 18, 21, 26, 29, 46, 51, 52].

3. Адаптивні CAD-системи можуть підтримувати проектування модульних меблів, що дозволяє легко змінювати окремі частини без потреби в цілковитій заміні [6, 9, 17].

4. Впровадження CAD-системи з можливістю аналізу життєвого циклу може допомогти в оцінці екологічного впливу меблів протягом їхнього використання, від виготовлення до утилізації [10, 17, 34, 35, 40, 41, 44, 45, 47, 53, 54, 64].

5. Імплементация інтеграційних можливостей з постачальниками для отримання даних про наявність і характеристики матеріалів може допомогти у виборі екологічно чистих і відновлювальних матеріалів із вживаної деревини, в якій властивості відповідають нормативним вимогам [5, 6, 11, 13, 14, 15, 18, 21, 26, 32, 33, 38, 62].

6. Адаптивна система може підтримувати локальні специфікації і потреби, що дозволяє зменшити витрати на транспортування і адаптувати продукцію під місцеві умови.

7. Розроблення нових технологій із перероблення спожитої деревини [9, 12, 20, 21, 25, 28, 29, 31, 42, 43, 61, 63] для отримання скісних заготовок з належними характеристиками міцності [3, 4, 15, 19, 26, 48], деревинностружкових плит [5, 11, 34, 63], столярних плит різних конструкцій [5, 13, 14, 15, 21, 30, 39, 49, 50] та меблевих щитів [5, 16, 22, 28, 43, 55-60] різного призначення є особливо актуальним з позиції екології та реалізації принципів циркулярної економіки.

**Аналіз літературних джерел.** Наукові праці, присвячені створенню адаптивних систем проектування меблевих виробів на основі CAD-системи, таких як Imos, є важливим джерелом для дослідників і практиків у галузі меблевого виробництва та цифрового проектування. Відомі праці вчених, які досліджували концепції адаптивного проектування та CAD-систем у меблевій індустрії. Багато наукових досліджень зосереджено на загальних підходах до адаптивного проектування меблевих виробів, використовуючи CAD-системи. У таких дослідженнях розглядалися питання параметричного проектування, інтеграції CAD з CAM-системами, автоматизації створення креслень і виробничих процесів. Система Imos часто розглядається як приклад такого інтегрованого підходу, зокрема розглядалися концепції параметричного проектування меблів із використанням сучасних CAD/CAM-систем, де Imos позиціонується як одна з передових технологій для меблевої інду-

стрії. Праці з цього напрямку аналізують, як параметричні моделі полегшують процес адаптації дизайну меблів для різних замовлень і типів виробництва.

Інший напрям наукових досліджень стосується інтеграції CAD-систем, таких як Imos, з виробничими процесами на меблевих підприємствах. Праці вчених, зокрема Гайди С.В., у цій галузі досліджують питання ефективності автоматизації виробництва [1, 2, 7, 8, 36] та зменшення кількості помилок у процесі проектування та виробництва. Адаптивні системи розробляються для того, щоб полегшити масштабування виробництва, підвищити точність проектування і забезпечити автоматичну генерацію ЧПК-програм деревообробними центрами [1, 9, 21, 63]. Вайсман Л.А. [65] у своїх дослідженнях розглядав впровадження цифрових технологій у меблевому виробництві, зокрема використання систем автоматизації для малих і середніх підприємств. У цьому контексті Imos розглядається як система, що інтегрує процес проектування і виробництва.

Праці, присвячені параметричному проектуванню та моделюванню меблів, детально описують методики створення адаптивних моделей, які можуть бути легко налаштовані під різні розміри або типи меблів. Адаптивні CAD-системи дозволяють створювати меблеві конструкції [6, 9, 17], що автоматично змінюються відповідно до введених параметрів. Barron, A.L., & Muggleton, S.H. [66] досліджували індуктивне логічне програмування для програмної інженерії, зокрема методи параметричного проектування меблевих виробів і підкреслювали важливість створення моделей, що можуть легко адаптуватися до змін у специфікаціях замовлення. Він розглядав, як системи типу Imos спрощують цей процес, забезпечуючи автоматичну зміну параметрів і повторне створення креслень.

Дослідження, присвячені оптимізації процесів проектування меблів, також містять важливу інформацію для розуміння того, як CAD-системи допомагають підвищити продуктивність і якість виробництва. Вчені аналізують різні підходи до автоматизації проектування меблів, зокрема через використання параметричних моделей і модульних конструкцій. Farid, H., & Aroor, T. [67] у своїх працях аналізують можливості системи Imos у контексті оптимізації проектування та виробництва меблів, приділяючи увагу скороченню часу на проектування та зменшенню витрат на матеріали за допомогою CAD/CAM-систем.

Багато науковців також досліджують нові технології, такі як віртуальна і доповнена реальність, які інтегруються в системи CAD/CAM. Ці технології дозволяють користувачам візуалізувати меблі в реальному просторі, що полегшує процес проектування та узгодження замовлень з клієнтами. Fernandes, C., Gonçalves, D., & Pinto, H. [68] розглядають новітні технології, що використовуються в меблевому дизайні, включаючи інтеграцію Imos з системами віртуальної реальності, що покращує взаємодію між клієнтами та виробниками.

**Мета роботи:** адаптувати будь-яку конструкцію меблевого виробу у програмі Imos для мобільної реалізації в готову продукцію обладнанням гнучкого автоматизованого меблевого виробництва

**Об'єкт дослідження:** програмне забезпечення для конструювання меблів.

**Предмет дослідження:** закономірність впливу зміни матеріальної бази та меблевої фурнітури на кінцеву вартість меблевого виробу, який у будь-якому форматі швидко та мобільно виготовляється на обробних центрах гнучких автоматизованих меблевих виробництвах.

**Методика досліджень (Research methodology).** Методика роботи CAD-системи на базі Imos для виконання замовлення у гнучкому автоматизованому меблевому виробництві (ГАМВ) включає кілька основних етапів, які дозволяють здійснювати повний цикл розробки від ідеї до готового меблевого виробу, тобто з передачею документації через інтерфейс обробним центрам для виконання замовлень. Основними етапами роботи в системі «Програма Imos та ГАМВ» є:

- Підготовка до проектування – визначення вимог та обмежень проекту.
- Створення концепції – визначається загальний вигляд меблевого виробу, його функціональність та основні характеристики.
- Деталізація та моделювання – детально опрацьовуються всі складові меблевого виробу.
- Візуалізації та аналіз – після створення 3D-моделі, система Imos дозволяє візуалізувати виріб у віртуальному середовищі. Крім цього, система дозволяє проводити аналіз різних аспектів, таких як функціональність, ергономіка та витрати матеріалів;
- Робота з документацією – після завершення моделювання та аналізу, система Imos допомагає автоматизувати процес створення технічної документації – креслення, специфікації матеріалів та фурнітури, додаткові види, розрізи та інші деталі, необхідні для виробництва меблів;
- Гнучке виробництво – заключний та основним дієздатним етапом є передача підготовленої документації на гнучке автоматизоване меблеве виробництво. Завдяки точним кресленням та інструкціям, виробництво меблевих виробів проходить з високою точністю та ефективністю, оскільки до роботи залучаються гнучкі виробничі модулі [1, 2, 7, 8, 36], гнучкі виробничі комплекси та деревообробні центри [1, 9, 21, 63], що мають три-шість ступенів вільності.

Методика роботи з CAD-системою на базі Imos допомагає виробникам меблів на всіх етапах роботи: проектування, презентація, конструювання та гнучку і мобільне меблеве виробництво. Спеціалізовані інструменти для конструювання у 3D об'єднані із сучасними верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК) та новими комунікаційними платформами. Це означає, що індивідуальні меблі можна створити з мінімальними витратами та з прецизійною точністю та якістю.

**Методи дослідження:** метод комп'ютерного моделювання; методи математичного програмування; методи виготовлення продукції; методи аналізу, спостереження, порівняння, прогнозування; методи експериментальних досліджень.

**Результати (Results).** **Порівняльний аналіз переваг та недоліків програмного забезпечення Imos, AutoCAD, SketchUp, 3ds Max, T-FLEX CAD для конструювання меблів.** Аналіз програмного забезпечення для конструювання меблів включає оцінку таких популярних систем, як Imos, AutoCAD, SketchUp, 3ds Max та T-FLEX CAD. Кожна з цих програм має свої сильні та слабкі сторони, залежно від конкретних вимог меблевого проектування, зокрема (табл. 1):

Imos – це спеціалізоване програмне забезпечення для меблевої індустрії, яке використовує CAD/CAM технології для проектування та виробництва меблів. **Переваги:** Imos розроблений спеціально для проектування меблів, що дозволяє точно відображати конструкцію, матеріали та комплектуючі. Програма автоматично генерує керуючі програми для ЧПК-обладнання, що спрощує процес виготовлення меблів. Користувач може легко змінювати розміри, матеріали та конфігурацію меблів, що робить проектування гнучким і адаптивним. Включає готові бібліотеки фурнітури, кріплень і матеріалів, що прискорює роботу дизайнера. **Недоліки:** Ліцензії Imos є досить дорогими, що може бути недоліком для малих меблевих підприємств. Програма має багатий функціонал, що вимагає часу для освоєння, особливо для нових користувачів. На відміну від інших CAD-програм, Imos спеціалізується виключно на меблевій галузі, тому не є універсальним інструментом для інших завдань.

AutoCAD – це універсальне програмне забезпечення для 2D і 3D проектування, яке використовується в різних галузях, включаючи меблеве виробництво. **Переваги:** AutoCAD підходить для створення креслень меблів і для інженерного проектування в інших сферах. Програма

забезпечує точне 2D-креслення і підтримує міжнародні стандарти. AutoCAD є стандартом у багатьох галузях, що спрощує обмін файлами та співпрацю між дизайнерами та інженерами. **Недоліки:** AutoCAD не має спеціальних інструментів для меблевого виробництва, що робить процес проектування меблів менш зручним у порівнянні зі спеціалізованими програмами, такими як Imos. Як і Imos, AutoCAD має значну вартість ліцензії, особливо для малого бізнесу. Освоєння AutoCAD потребує значного часу, особливо для новачків.

SketchUp – це просте у використанні програмне забезпечення для 3D моделювання, популярне серед дизайнерів меблів. **Переваги:** SketchUp має інтуїтивний інтерфейс, що робить його популярним серед початківців. Програма дозволяє швидко створювати 3D-моделі меблів і приміщень, що корисно для швидкої візуалізації. SketchUp пропонує безкоштовну версію, що робить його доступним для індивідуальних користувачів і малих компаній. **Недоліки:** У безкоштовній версії є обмежені можливості для технічних креслень і точного проектування меблів. SketchUp не підходить для автоматизації процесів ЧПК або інтеграції з САМ-системами. Більше орієнтований на 3D-візуалізацію, ніж на точне проектування в 2D.

3ds Max – це програма для 3D моделювання та анімації, широко використовується для візуалізації та створення фотореалістичних зображень. **Переваги:** 3ds Max дозволяє створювати фотореалістичні зображення меблів і інтер'єрів, що ідеально підходить для презентацій. Програма забезпечує широкий набір інструментів для створення складних 3D-моделей меблів. 3ds Max дозволяє створювати анімацію меблів для рекламних або презентаційних матеріалів. **Недоліки:** Програма має складний інтерфейс і вимагає часу на навчання, особливо для новачків. Хоча програма чудово підходить для візуалізації, вона не забезпечує достатньої точності для створення креслень меблів. Як і AutoCAD, 3ds Max є дорогим забезпеченням.

T-FLEX CAD – це потужна система для параметричного проектування, що використовується в інженерних галузях, включаючи меблеве виробництво. **Переваги:** T-FLEX CAD дозволяє створювати параметричні моделі меблів, що забезпечує швидкі зміни в розмірах і конструкції. Програма підтримує створення точних креслень і 3D-моделей, що підходить для комплексного проектування меблів. T-FLEX CAD може бути інтегрована з САМ-системами для автоматизації виробничих процесів на ЧПК-обладнанні. **Недоліки:** Програма вимагає певного часу для навчання через складний інтерфейс і функціонал. T-FLEX CAD менш відомий на ринку в порівнянні з AutoCAD або 3ds Max, що може створити труднощі у пошуку підтримки або готових шаблонів. Хоча вартість нижча за AutoCAD, T-FLEX CAD все ж є досить дорогим рішенням.

**Таблиця 1. Порівняльний аналіз програмного забезпечення**

| Програма   | Переваги                                                              | Недоліки                                                                        |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Imos       | Спеціалізоване на меблях, інтеграція з ЧПК, параметричне проектування | Висока вартість, складне навчання                                               |
| AutoCAD    | Універсальність, точність креслення, підтримка стандартів             | Відсутність меблевої спеціалізації, складне освоєння                            |
| SketchUp   | Простота використання, швидке 3D-моделювання, безкоштовна версія      | Обмежені функції для професійного проектування, не підтримує ЧПК                |
| 3ds Max    | Реалістична візуалізація, анімація, потужні інструменти для 3D        | Висока вартість, складний інтерфейс, не призначений для технічного проектування |
| T-FLEX CAD | Параметричне моделювання, інтеграція з САМ, точність креслень         | Складність навчання, менша популярність                                         |

**Основні умови для створення адаптаційної системи проектування на базі системи Imos.** Створення адаптаційної системи проектування на базі системи Imos може сприяти більш ефективному та гнучкому процесу конструювання меблевих виробів. Складові компоненти системи наступні:

- Розроблення інтерактивного онлайн-конфігуратора, враховуючи пропозицію ринку, де користувачі можуть обирати різні параметри меблів, але з деякими обмеженнями, щоб завжди зберігати баланс між ціною, якістю та наявністю матеріальної бази. З інтеграцією Imos, користувачі можуть бачити реальні зміни на своїх меблях під час вибору параметрів. Розроблення бі-

бібліотеки стандартних модулів та компонентів, які можна використовувати для побудови меблевих блоків з можливістю заміни матеріалу чи фурнітури за принципом – зниження вартості кінцевого продукту без втрати у дизайні. Це забезпечить можливість легко комбінувати меблеві модулі з вихідним технічним завданням від дизайнера, враховуючи кінцевого споживача.

- Інтеграція можливості перегляду та візуалізації меблів в реальному часі під час їх проектування. Користувачі зможуть переконатися, що зміна вартості матеріалів не буде впливати на кінцевий дизайн виробів. Створення системи зберігання посилань на уподобання користувачів, які вони можуть редагувати та обмінюватися з іншими. Створення системи рекомендацій, що базується на використанні аналітики та машинного навчання для створення системи рекомендацій. На основі попередніх проектів користувачів та їхніх виборів, система може запропонувати схожі або популярні дизайни.

- Побудова співпраці з клієнтами, що дозволяє їм клієнтам брати участь у процесі проектування та вносити зміни. Це може бути реалізовано через спільні робочі області або онлайн-зустрічі. Аналіз популярності і зворотний зв'язок полягає у тому, що моніторинг того, який дизайн є найпопулярнішими серед користувачів, допоможе зрозуміти його переваги та тенденції.

Все це разом ефективно працює, але щоб подати зібрану інформацію необхідно використовувати графічні діаграми та проводити SWOT-аналіз, який є одним із найпоширеніших аналітичних методів, що дозволяє в комплексі оцінити сильні й слабкі сторони системи, а також можливості та недоліки, що впливають на неї.

**Розроблення прототипу робочої системи на основі Imos з врахуванням зібраної інформації, проведених досліджень, аналізу ринку та визначення пріоритетів для ефективного функціонування системи базується на етапах:**

- Етап №1. Аналіз зібраної інформації стосовно мети та завдання досліджень пов'язаних з функціонуванням робочої системи на базі Imos.

- Етап №2. Розроблення дієздатності робочої системи на базі Imos, що базується функціональних можливостях продукту (функціональних можливостей, які будуть включені в прототип системи) та потреби користувачів та проектантів.

- Етап №3. Вибір інструментів та платформи, які будуть найбільш відповідними для розробки системи на базі Imos та будуть використані для інтеграції функціональності.

- Етап №4. Проектування інтерфейсу користувача, що охоплює логіку взаємодії між компонентами та функціями системи. Заповнення бібліотеки користувача логічними за послідовністю використання елементами, фурнітурою та виробниками плитних матеріалів. Зазначення в розділах актуальної продукції як пріоритетної та забезпечення до розділів швидкого доступу.

- Етап №5. Розроблення прототипу системи, включаючи основні функції та функціональність з врахуванням визначених пріоритетів. Інтегрування функцій Imos, які підходять для розроблення прототипу. Запуск системи в тестових умовах для дослідження її стабільності та зручності у користуванні. Проведення за необхідності кількох дослідів з проектантами, використовуючи реалізовані проекти для порівняння сталого підходу до проектування та проектування за допомогою розробленого прототипу. Визначення відсотку ефективності (швидкодія роботи над проектом) сформованої робочої системи на базі Imos.

**Визначення умов сумісності програмного забезпечення деревообробних центрів з програмою Imos CAD/CAM.** Imos CAD/CAM є потужною програмою для проектування і управління деревообробними центрами. Аналіз сумісності програмного забезпечення деревообробних центрів з Imos CAD/CAM потребує дотримання наступних умов для безперебійної та ефективної роботи:

- Формати даних деревообробних центрів повинні мати DXF, DWG формати. Комунікаційні протоколи деревообробних центрів повинні мати G-код, XML або інші специфічні протоколи. Параметри обробки такі як швидкість обробки, тип інструментів, налаштування глибин і інші параметри повинні дистанційно налаштовуватись Imos CAD/CAM.

- Інтерфейс деревообробних центрів має бути сумісним інтерфейсом Imos CAD/CAM для безпосередньої інтеграції. Драйвери деревообробних центрів мають бути інтегровані з Imos CAD/CAM, щоб забезпечити коректну взаємодію між програмним і апаратним забезпеченням.

**Дослідження симбіозу програми Imos з гнучкими автоматизованими меблевими виробництвами.** Imos – це програмне забезпечення для проєктування меблів, що дозволяє створювати точні 3D-моделі, робочі креслення та технологічну документацію. Воно інтегрується з автоматизованими виробничими лініями (наприклад, ЧПУ-верстатами), забезпечуючи безперервний процес від проєктування до виробництва. Дослідження симбіозу програми Imos з ГАМВ є актуальним у контексті стрімкого розвитку цифрових технологій у меблевій промисловості. Цей симбіоз дозволяє поєднувати ефективність програмного забезпечення для проєктування з ГАМВ, що значно підвищує продуктивність, оптимізує витрати та забезпечує індивідуалізацію продукції. Переваги наступні:

- Цифровізація меблевого виробництва полягає у тому, що програма Imos спеціалізується на розробці меблевих конструкцій у 3D-форматі, автоматизації процесів розкрою матеріалів, генерації креслень та інших технічних даних. Це дозволяє значно скоротити час на підготовку виробничої документації та зменшити кількість помилок. Інтеграція з ГАМВ, як-от ЧПУ-обладнання та автоматизовані лінії, дозволяє повністю автоматизувати процес виготовлення меблів, від проєктування до обробки. Згідно з доповідями про цифровізацію у меблевій галузі, автоматизація процесів з використанням програм, як-от Imos, дозволяє збільшити продуктивність виробництва на 25-30%, зменшити кількість відходів та знизити витрати до 20% [1, 2].

- ГАМВ дозволяють легко адаптуватися до нових замовлень або змін у вимогах до продукції. У поєднанні з програмним забезпеченням Imos це дає змогу автоматизовано створювати індивідуальні замовлення під конкретні вимоги споживачів без необхідності тривалого переналаштування виробничих ліній. Якщо клієнт хоче змінити параметри меблів (розмір, форма, матеріал), Imos дозволяє швидко оновити креслення та передати ці дані на автоматизовану виробничу лінію, де відбудеться переналаштування виробничого обладнання під нові вимоги без переривання виробничого процесу.

- Imos інтегрується з іншими програмними системами управління, такими як ERP (системи планування ресурсів підприємства) і MES (системи управління виробництвом), що дозволяє створити єдиний цифровий потік даних від замовлення до доставки продукції. Завдяки цьому підприємства можуть більш ефективно контролювати виробничий процес, оптимізувати постачання матеріалів і зменшувати час простоїв обладнання. Згідно з аналізом інтеграції цифрових систем у меблевому виробництві, підприємства, що використовують такі системи, як Imos у поєднанні з гнучкими виробничими системами, можуть скоротити час циклу виробництва на 30–40%, що сприяє швидкому реагуванню на змінні вимоги ринку.

- Однією з головних переваг симбіозу Imos та гнучких виробництв є можливість масової кастомізації – виробництва індивідуальних меблевих елементів у масштабі, близькому до масового виробництва. Це особливо актуально для меблевої галузі, де вимоги до дизайну, розмірів та матеріалів можуть значно варіюватися. Дослідження на тему масової кастомізації в меблевій промисловості показують, що підприємства, які використовують подібні технології, можуть збільшити задоволеність клієнтів до 25%, а також підвищити лояльність завдяки можливості створення індивідуальних рішень на замовлення. Автоматизація процесів з використанням Imos у меблевих виробництвах дозволяє ефективніше використовувати матеріали. Програма автоматично оптимізує розкрій матеріалів, що зменшує відходи. Також завдяки гнучкості виробничих ліній зменшується кількість простоїв, а це дозволяє підвищити ефективність використання обладнання. За оцінками спеціалістів, впровадження виробничих систем у поєднанні з програмами на кшталт Imos може знизити виробничі витрати на 15-20%, завдяки скороченню часу на переналаштування обладнання та зменшенню кількості помилок.

- Imos та гнучкі автоматизовані виробництва є частиною тенденції Індустрії 4.0, яка передбачає інтеграцію цифрових технологій у виробничі процеси [37]. Виробники меблів, які впроваджують такі системи, отримують переваги завдяки автоматизації процесів, роботизації та застосуванню технологій інтернету речей (IoT). Згідно з дослідженнями Gartner, компанії, які впроваджують принципи Індустрії 4.0, зокрема гнучкі виробничі системи та цифрові програми, такі як Imos, можуть збільшити загальну ефективність обладнання на 20-30% [7, 8].

Таким чином, симбіоз програми Imos з гнучкими автоматизованими меблевими виробництвами є важливим кроком у розвитку сучасної меблевої промисловості. Ця комбінація дозволяє значно підвищити продуктивність, скоротити час виробництва, зменшити витрати та підвищити рівень кастомізації продукції, забезпечити якість продукції та скоротити терміни виконання замовлень, що робить процес більш ефективним і конкурентоспроможним. В умовах глобальної конкуренції та швидких змін у попиті, використання цифрових технологій та автоматизованих процесів стає вирішальним для успішної діяльності підприємств.

**Дискусія (Discussion).** Дослідження симбіозу програми Imos з гнучкими автоматизованими меблевими виробництвами як основа для реалізації принципів циркулярної економіки показує, що інтеграція програми Imos з ГАМВ може стати основою для впровадження принципів циркулярної економіки у меблевій галузі. Циркулярна економіка фокусується на збереженні ресурсів, мінімізації відходів та повторному використанні матеріалів, що є критичними в сучасних умовах обмежених ресурсів та екологічних викликів.

Одним із ключових принципів циркулярної економіки є ефективне використання матеріалів. Imos дозволяє точно моделювати та проєктувати меблі, автоматично оптимізуючи розкрій матеріалів, що допомагає мінімізувати відходи на етапі виробництва. Програма Imos дозволяє знизити кількість матеріальних втрат на 10–20% завдяки автоматичній оптимізації процесу розкрою та використанню сучасних алгоритмів. Це сприяє впровадженню принципів циркулярної економіки, оскільки зменшується кількість відходів, які потрібно утилізувати.

Принципи циркулярної економіки передбачають створення продукції з акцентом на довговічність, ремонтпридатність та можливість повторного використання. Програма Imos дозволяє проєктувати меблі з модульною структурою, що полегшує їх ремонт і обслуговування. Меблі, спроектовані за допомогою Imos, можуть складатися з окремих модулів, які легко замінити або відремонтувати, продовжуючи термін служби продукту.

ГАМВ, інтегровані з програмами, як-от Imos, можуть бути налаштовані на використання повторно оброблених матеріалів або компонентів. Це дозволяє меблевим виробникам переробляти матеріали з відходів та використаних меблів для створення нової продукції. У меблевій галузі автоматизація процесів переробки та повторного використання матеріалів дозволяє зменшити витрати на сировину на 15–25% [63]. Програми, такі як Imos, дозволяють створювати індивідуальні рішення для обробки перероблених матеріалів, що відповідає принципам циркулярної економіки. ГАМВ, що інтегровані з Imos, дозволяють знижувати енерговитрати завдяки більш точному плануванню виробничих процесів. Крім того, автоматизація дозволяє зменшити кількість помилок, що скорочує потребу у повторному виготовленні деталей. За даними досліджень, використання автоматизованих систем у меблевому виробництві дозволяє зменшити енергоспоживання на 10–15%, що безпосередньо впливає на екологічність виробничих процесів.

Один із принципів циркулярної економіки – це перехід від моделі володіння продуктами до моделі «продукт як послуга», коли виробник продовжує відповідати за функціональність і стан продукту протягом його життєвого циклу. Це можливо завдяки програмному забезпеченню Imos, яке дозволяє створювати меблі, призначені для багаторазового використання та регулярного обслуговування. За

допомогою Imos меблеві компанії можуть проєктувати меблі з можливістю оновлення окремих компонентів замість повної заміни, що відповідає моделі циркулярної економіки. Це сприяє довготривалому використанню меблевих виробів

ГАМВ та програмне забезпечення Imos дозволяють інтегрувати стратегії утилізації старих меблів і повторної переробки матеріалів. Наприклад, меблі можуть бути спроектовані з урахуванням подальшої легкості розбирання для переробки або вторинного використання. Впровадження подібних стратегій у меблевій промисловості може зменшити кількість відходів на 30-40% [63], що має великий вплив на зменшення вуглецевого сліду [61] та забезпечення більш стійкого розвитку. Симбіоз Imos і ГАМВ дозволяє реалізувати концепцію замкнутого циклу, де відходи одного виробничого процесу використовуються як ресурс для іншого. Дослідження показують, що впровадження систем замкнутого циклу у виробничих процесах меблевої галузі може зменшити витрати на сировину на 20-30% [23] і значно покращити екологічні показники підприємств.

Таким чином, симбіоз програми Imos та гнучких автоматизованих меблевих виробництв є потужним інструментом для впровадження принципів циркулярної економіки у меблеву галузь. Це дозволяє мінімізувати відходи, оптимізувати використання матеріалів та енергії, продовжити життєвий цикл продукції та сприяти переходу до стійкого виробництва. Меблеві компанії, які використовують ці підходи, можуть підвищити свою екологічну відповідальність, зменшити витрати та відповідати сучасним вимогам ринку щодо сталого розвитку.

**Очікувані результати при впровадженні адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи на базі Imos у виробничий процес** полягають у тому, що впровадження адаптивної системи проектування меблевих виробів на основі CAD-системи, такої як Imos, у виробничий процес може привести до значних покращень діяльності підприємства. Очікувані результати від впровадження цієї системи можна поділити на кілька основних категорій:

- Використання параметричних моделей у Imos дозволяє автоматично генерувати креслення та технічну документацію для меблевих виробів, що значно скорочує час на створення проєктів. Замість ручного креслення та редагування, система автоматично адаптує параметри виробу до вимог замовника. Завдяки можливостям параметричного проектування, можна швидко змінювати розміри, форму або деталі меблів, без потреби починати проєкт з нуля. Це значно підвищує продуктивність дизайнерів та інженерів. Зміни в проєкті можуть бути внесені на будь-якому етапі проектування, і система автоматично оновлює всю пов'язану документацію, зокрема креслення та специфікації.

- Автоматизація більшості процесів у системі Imos зменшує ймовірність людських помилок, що виникають під час створення креслень, розрахунків або виготовлення специфікацій. Це забезпечує більш високу точність у проектуванні та виробництві. Система генерує точні дані для ЧПК-обладнання, що забезпечує високу точність у виготовленні деталей меблів. Це зменшує кількість дефектів і відходів. Використання стандартизованих параметричних моделей сприяє підвищенню якості продукції, забезпечуючи відповідність виробів єдиним стандартам.

- Завдяки автоматизації та параметричному проектуванню, час, витрачений на розробку одного проєкту, значно скорочується. Це дозволяє компанії виконувати більше замовлень за короткий період. Використання точних розрахунків та автоматизованих специфікацій дозволяє оптимізувати використання матеріалів, зменшуючи витрати на сировину та мінімізуючи відходи. Система Imos має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що спрощує процес навчання. Персонал швидко освоює роботу з CAD/CAM-системою, що знижує витрати на навчання.

- Завдяки параметричному проектуванню, система дозволяє швидко адаптувати меблеві вироби під вимоги конкретних замовників. Це особливо важливо для компаній, що займаються

виготовленням меблів на замовлення. Адаптивна система Imos дозволяє легко масштабувати виробничі процеси, підтримуючи як одиничні замовлення, так і серійне виробництво. Це дає змогу компанії швидко реагувати на зміну ринкових вимог та обсягів замовлень.

- Imos дозволяє безшовно інтегруватися з ERP-системами для управління ресурсами та виробничими процесами, а також з ЧПК-обладнанням для автоматизації виробництва. Це дозволяє підприємству ефективніше керувати процесами, скоротити виробничі цикли та зменшити втрати. Завдяки автоматичній генерації ЧПК-кодів, система знижує потребу в ручному програмуванні обладнання, що дозволяє швидше та точніше виконувати виробничі операції.

- Система Imos надає можливість створювати реалістичні 3D-візуалізації меблів, що дозволяє краще демонструвати замовникам кінцевий вигляд продукції ще на етапі проектування. Це знижує ризик непорозумінь та підвищує задоволеність клієнтів. Завдяки автоматичному оновленню документації та візуалізації, зміни в проекті можуть бути швидко узгоджені з клієнтом, що скорочує час на затвердження та впровадження замовлень.

- Впровадження сучасної адаптивної системи проектування, як Imos, дозволяє компанії виділитися на ринку завдяки швидкості виконання замовлень, якості продукції та можливості індивідуалізації виробів. Швидкість і точність проектування дозволяють скоротити терміни виконання замовлень, підвищуючи загальну якість обслуговування і збільшуючи задоволеність.

## **Висновки.**

1. Обґрунтовано, що розробка програми Imos – це потужна система для проектування меблів, що дозволяє створювати тривимірні моделі, креслення та генерувати дані для автоматизованого виробництва. Тобто симбіоз програми Imos з гнучкими автоматизованими виробництвами є важливим аспектом сучасного меблевого виробництва. Встановлено, що завдяки інтеграції Imos з автоматизованими виробничими лініями значно скорочується час на проектування та виготовлення меблів. Програма автоматично генерує дані для виробничих верстатів з ЧПУ (числовим програмним управлінням), що мінімізує помилки та забезпечує швидкий перехід від етапу проектування до виготовлення.

2. Перевірено, що сучасні гнучкі автоматизовані системи дозволяють легко налаштовувати виробничі процеси для виготовлення різних типів продукції на одній лінії. А Imos допомагає швидко адаптувати проекти під різні вимоги клієнтів, що дозволяє легко переходити від одного виробничого циклу до іншого без необхідності тривалого переналаштування обладнання.

3. Розраховано, що автоматизація виробничих процесів разом з використанням Imos зменшує кількість ручної праці, що знижує витрати на виробництво. Крім того, програма оптимізує використання матеріалів та розкроює деталі так, щоб мінімізувати відходи, що позитивно впливає на економічні показники та відповідає принципам циркулярної економіки. Доведено, що високий рівень автоматизації разом з можливостями Imos дозволяє досягти максимальної точності у виготовленні меблевих деталей. Сама програма генерує точні креслення та специфікації, які автоматично передаються на виробниче обладнання, що зменшує ризик помилок і підвищує якість кінцевого продукту.

4. Обґрунтовано, що програму Imos можна інтегрувати з ERP-системами (управління ресурсами підприємства), що дозволяє компаніям ефективніше планувати свої ресурси, відстежувати запаси матеріалів, планувати виробництво і керувати замовленнями. Встановлено, що завдяки можливостям Imos і гнучким автоматизованим виробництвам підприємства можуть надавати клієнтам продукцію, виготовлену під індивідуальні замовлення. А це дозволяє задовольнити різні потреби споживачів і створювати унікальні меблеві рішення. Визначено, що адаптація CAD-системи на основі Imos для проектування меблевих виробів є успішною ін-

теграцію та оптимізацію CAD-процесів на підприємстві. Використання програми дозволило не лише швидше та ефективніше проектувати меблі, але й створювати концепції з різною ціною вартістю, забезпечуючи гнучкість вибору матеріалів без втрати якості та функціональності виробів.

5. Доведено, що Imos забезпечує можливість виготовлення меблів малими серіями без значних витрат на налаштування обладнання. А це важливо для підприємств, що працюють за моделлю масової кастомізації, коли кожне замовлення може мати унікальні характеристики. Актуально, що використання Imos у поєднанні з цифровими моделями та віртуальним моделюванням виробничих процесів дозволяє створити «цифровий двійник» виробництва, що допомагає тестувати процеси та виявляти можливі проблеми ще до початку фактичного виробництва.

6. Встановлено, що симбіоз Imos з гнучкими автоматизованими виробництвами дозволяє досягти високої ефективності, гнучкості та точності у меблевому виробництві. Тобто така інтеграція не лише знижує виробничі витрати, але й сприяє підвищенню якості продукції, дозволяє швидко реагувати на потреби ринку та задовольняти індивідуальні вимоги клієнтів. А з іншого боку, адаптація CAD-системи Imos є стратегічно важливою для конкурентоспроможності підприємства на ринку меблевого виробництва, підтверджуючи роль гнучкої технології у просуванні індустрії вперед у сучасному економічному середовищі.

## References

1. **Gayda S.V.** (2015). Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 41, 39-49. <https://doi.org/10.36930/42154106>
2. **Gayda S.V.** (1999). Проблеми та перспективи роботизації меблевої промисловості [Problems and prospects of robotics in the furniture industry]. *Scientific Bulletin of UNFU* 9.5:192-195. (in Ukrainian).
3. **Gayda S.V.** (2000). Визначення стійкості та міцності вертикальних стінок корпусних меблевих виробів [Determination of stability and strength of vertical walls of case furniture products]. *Scientific Bulletin of UNFU* 10.3:127-129. (in Ukrainian).
4. **Gayda S.V.** (2000). Особливості розрахунку корпусних виробів на міцність [Peculiarities of strength calculation of hull products]. *Scientific Bulletin of UNFU* 10.2:150-154. (in Ukrainian).
5. **Gayda S.V.** (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Production of wood Products. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukr.).
6. **Gayda S.V.** (2001): Раціональне конструювання виробів з деревини / Rational constructing of wood Products. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukr.).
7. **Gayda S.V.** (2002). Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України [Peculiarities and prospects of robotization of the furniture industry of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU* 12.5:38-40. (in Ukrainian).
8. **Gayda S.V.** (2003). Гнучкі виробничі модулі для виготовлення ґратчастих меблевих виробів [Flexible production modules for the production of lattice furniture products]. *Scientific Bulletin of UNFU* 13.2:120-122. (in Ukrainian).
9. **Gayda S.V.** (2004). Інтегровані технології меблевого виробництва [Integrated technologies of furniture production]. *Scientific Bulletin of UNFU* 14.4:118-121. (in Ukrainian).
10. **Gayda S.V.** (2007): A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:60-63 (in Ukrainian).
11. **Gayda S.V.** (2011): The investigation of physical and mechanical properties of wood particleboards made from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 37(2):95-110.

12. **Gayda S.V.** (2014). *Sposoby podgotovki k pererabotke vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny iglofrezernymi i shchotochnymi stankami* [Preparation methods for processing of post-consumer wood (PCW) needle-milling and brushing machines]. *Actual problems of forest complex* 40:65-69 (in Russian).
13. **Gayda S.V.** (2015). *Tekhnologii i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoi derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1).145-152 (in Ukrainian).
14. **Gayda S.V.** (2016). Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnologichni pidkhody do poverkhnevoho ochyshchennya vzhivanoyi derevyny holkofrezernym instrumentom* [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. *Bulletin of KhNTUA* 178:3-11(in Ukrainian).
15. **Gayda S.V.** (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood [Дослідження фізико-механічних характеристик фасадних столярних плит із вживаної деревини]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-50.
16. **Gayda S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 48, 34-38 (in Russian).
17. **Gayda S.V.** (2017). Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryynyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhivanoyi derevyny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>
18. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>
19. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).
20. **Gayda S.V.** (2018). Технологія МДФ-фасадів / *Tekhnolohiyi MDF-Fasadiv* [MDF Facade Technologies]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:70-83 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184410>
21. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).
22. **Gayda S.V.** (2020). Analysis of structures and technologies of manufacture of modern furniture facades. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 54-64. <https://doi.org/10.36930/42204606> (in Ukrainian).
23. **Gayda S.V.** (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 99-114. <https://doi.org/10.36930/42234908> (in Ukrainian).
24. **Gayda S.V.** (2023). State and analysis of the dynamics indicators of the production volume of the woodworking and furniture industry. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 4-19 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234901>
25. **Gayda S.V.** (2024). Analysis of the trend of the main indicators of the wood processing industry in the context of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 50: 4-15 (in Ukrainian).
26. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016). The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 69-79. <https://doi.org/10.36930/42164211> (in Ukrainian).
27. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2019). Дослідження технологічних процесів виготовлення ліжок двоспальних різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnologichnykh protsesiv vyhotovlennya li-zhok dvospal'nykh riznykh konstruksiy* [A investigation of technological processes of making beds of double different designs]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 45:21-31 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194504>
28. **Gayda S.V., Ilkiv M.M.** (2021) : Дослідження технологічних процесів виготовлення меблевих фасадів з масивної деревини // *Doslidzhennya tekhnologichnykh protsesiv vyhotovlennya meblevykh fasadiv z masyvnoyi derevyny*. [Research of technological processes of manufacture of meble facades from

solid wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47:22-33, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214703>

29. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2013). Технология очистки вторично используемой древесины иглофрезерными верстатами [The technology of cleaning recycled wood with needle milling machines] // Actual problems and prospects of the development of LPK: materials II NTK., September 9-11, 2013 – Kostroma. – P. 36-39. (in Russian).

30. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 17, 185-192. <https://doi.org/10.15421/411834> (in Ukrainian)

31. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (1(107)), 89-97. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>.

32. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan : Drewno, 63(206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>.

33. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021). Властивості вживаної деревини як визначальний чинник якості меблевих виробів / *Vlastyvoli vzhynanoyi derevyiny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 23:152-162, (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412135>

34. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2023). Study of Physical and Mechanical Properties of Post-Consumer Wood of Different Age. Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty, 66(212), 00010. <https://doi.org/10.53502/wood-177453>.

35. **Gayda S.V., Kiyko O.A., Guz, M.M.** (2022). Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 2022, Vol. 64 (3), 131–142, doi: <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011>

36. **Gayda S.V., Kshyvetskyi B.Ya.** (1999). Техніко-економічні характеристики деревообробної фабрики майбутнього [Technical and economic characteristics of the woodworking factory of the future]. Scientific Bulletin of UNFU 9.3:83-85. (in Ukrainian).

37. **Gayda S.V., Kushpit A.S., Huber Yu.M.** (2023). Analysis of implementation of Industry 4.0 principles in furniture production, [ Гайда С.В., Кушпіт А.С., Губер Ю.М. Аналіз впровадження принципів Industry 4.0 у меблеве виробництво] Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 49: 73-84, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234906>

38. **Gayda S.V., Lesiv L.E.** (2019). Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvolostey vzhynanoyi derevyiny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45:39-46 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42194506>

39. **Gayda S.V., Lesiv L.E.** (2023). Mathematical model of forecasting volumes of post-consumer wood production. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 49, 33-47. <https://doi.org/10.36930/42234903>] (in Ukrainian).

40. **Gayda S.V., Maksymiv V.M.** From recycled post-consumer wood towards prime quality particleboard / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2010, вип. 36. – С. 57-77.

41. **Gayda S.V., Nikityuk L.O.** (1998). До питання застосування екстрагованої деревини для плитного виробництв [On the issue of using extracted wood for slab production]. Scientific Bulletin of UNFU 8:75-77. (in Ukrainian).

42. **Gayda S.V., Petryshak I.V.** (2020). Study of the influence of breed and grinding modes on the specific productivity of grinding skin. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 46, 5-15. <https://doi.org/10.36930/42204601> (in Ukrainian).

43. **Gayda S.V., Salapak L.V., Lesiv L.E.** (2021). Determination of an efficient technological process of manufacturing various support elements for functional surfaces. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47: 58-72, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214708>

44. **Gayda S.V., Voytovych I.G., Orikhovskyy R.Ya.** (2020). Дослідження технологічних процесів виготовлення ніжок столів обідніх різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnolohichnykh protsesiv vyhotovlennya nizhok stoliv obidnikh riznykh konstruktsiy* [Research of technological processes of

production of legs of tables of various designs]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:36-49, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204604>

45. **Gayda, S.V.** (2013). Techniques for utilization of post-consumer wood in the production of fuel pellets and briquettes. Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen June 23-26. 2013). TU Zvolen, 119-130.

46. **Gayda, S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 43:175-179 (in Russian).

47. **Grytsak S.A., Gayda S.V.** (2020). Comparative analysis of physical and mechanical characteristics of bent elements from different tree species. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:16-27 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204602>

48. **Grytsak S.A., Gayda S.V., Kushpit A.S., Salapak L.V.** (2023). Analysis of the efficiency of structural and technological solutions in the production of component units of lattice furniture products. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 49: 61-72, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234905>

49. **Lesiv, L.E.** (2020). Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 48, 69-86. <https://doi.org/10.36930/42224806> (in Ukrainian).

50. **Lesiv, L.E., Gayda, S.V., Salapak, L.V.** (2024). Development of a mathematical model of the strength of joined preparations from post-consumer fir wood, [Лесів, Л.Е., Гайда, С.В., Салапак, Л.В. Розроблення математичної моделі міцності з'єднаних заготовок із вживаної деревини ялиці]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 50: 16-28 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42245002>

51. **Medvid, L.V.** (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 44, 91-104. <https://doi.org/10.36930/42184412> (in Ukrainian).

52. **Medvid, L.V.** (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 47, 34-46. <https://doi.org/10.36930/42214706> (in Ukrainian).

53. **Orikhovskyy R.Ya., Gayda S.V.** (2020). The influence of different parameters of stability of production sites on the efficiency of functioning of woodworking production. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:49-53 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204605>

54. **Orikhovskyy R.Ya., Gayda S.V.** (2024). Determination of running time losses in automated processing systems of woodworking, [Оріховський Р.Я., Гайда С.В. Оцінювання ефективності використання робочого часу в автоматизованих виробничих системах деревообробного виробництва]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 50: 41-51 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42245004>

55. **Podibka T.I.** (2018). Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 44, 83-90. <https://doi.org/10.36930/42184411> (in Ukrainian).

56. **Podibka T.I.** (2020). A investigation of form of stability of variously designed furniture board made of pine wood of different constructions. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 46, 108-120. <https://doi.org/10.36930/42204613> (in Ukrainian).

57. **Podibka T.I.** (2021). Development of mathematical models for predicting dimensional stability of furniture boards using the finite element method. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 47, 73-91. <https://doi.org/10.36930/42214809> (in Ukrainian).

58. **Podibka T.I.** (2022). Determination of the regulations of the influence of the characteristics of the rails on the form resistance of furniture panels made of beech wood of different constructions. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 48, 40-56. <https://doi.org/10.36930/42214804> (in Ukrainian).

59. **Podibka T.I.** (2022). Mathematical model for calculating the economic efficiency of the process of manufacturing defect-free sections for shape-resistant furniture panels. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 48, 57-68. <https://doi.org/10.36930/42214805> (in Ukrainian).

60. **Podibka T.I., Kiyko O.A.** (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 45, 155-171. <https://doi.org/10.36930/42194521> (in Ukrainian).

61. **Project «CircHive.** (2022). Developing piloting biodiversity footprinting natural capital accounting via a 'beehive' of sectoral hubs, for sustainable transition to a circular EU bioeconomy». Project Schedule: Start Date 01.12.2022 End Date 30.11.2027.

62. **Vintoniv I.S., Sopushynskyy I.M., Teishinger A.** (2007). *Derevynoznavstvo* [Wood-science]. – Lviv: Apriori. – 312 p., (in Ukrainian).

63. **Voytovych I.G.** (2010). *Osnovi tekhnologii virobiv z derevini* [The basic technology of wood]. – Textbook. –Lviv: Kraine andeljat. – 304 p. (in Ukrainian).
64. **Гайда С.В., Максимів В.М., Кійко О.А., Ференц О.Б.** Залишки деревини та деревина після споживання. Класифікація. Терміни та визначення / Договір № 08.24-11-1 : проект міжнародного стандарту ISO. – Львів: НЛТУ України. – 2013. – 53 с.
65. **Вайсман В.А., Колесникова Е.В., Натальчишин В.В.** (2010). Современная концепция проектно-ориентированного командного управления предприятием. Сучасні технології в машинобудуванні. – Вип. 8. – С. 246-253. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stvm\\_2013\\_8\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stvm_2013_8_28).
66. **Barron, A.L., & Muggleton, S.H.** (2018). Inductive logic programming for software engineering: Lessons learned and future directions. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 51(3), 58.
67. **Farid, H., & Aroop, T.** (2021). Computer-Aided Design of Multivariable Control Systems: A Review. *Annual Reviews in Control*, 51, 169-180.
68. **Fernandes, C., Gonçalves, D., & Pinto, H.** (2019). Implementing a Product Configurator in the Furniture Industry: The Imos Case Study. In *Advances in Ergonomics in Design* (pp. 391-400). Springer.
69. <https://www.imos3d.com/en/>
70. <https://e-services.blum.com/main/?authenticationType=manual>
71. <https://www.youtube.com/@in3dsoftwaretraining107>

UDC 674.02

*Post-graduate student A.O. Lutsenko – UNFU*

### **Ensuring effective symbiosis of the Imos program with flexible automated furniture production**

It is justified that the development of the Imos program is a powerful system for designing furniture, which allows you to create three-dimensional models, drawings and generate data for automated production. And the symbiosis of the Imos program with flexible automated production is an important aspect of modern furniture production. It has been established that due to the integration of Imos with automated production lines, the time for designing and manufacturing furniture is significantly reduced. The program automatically generates data for CNC production machines, which minimizes errors and ensures a quick transition from the design stage to production. It has been proven that modern flexible automated systems make it easy to adjust production processes to produce different types of products on the same line. And Imos helps to quickly adapt projects to different customer requirements, which allows you to easily move from one production cycle to another without the need for long-term reconfiguration of equipment. It has been established that thanks to the capabilities of Imos and flexible automated production, enterprises can provide customers with products made to individual orders. And this allows you to satisfy various needs of consumers and create unique furniture solutions. It was determined that the adaptation of the CAD system based on Imos for the design of furniture products is a successful integration and optimization of CAD processes at the enterprise. Using the program made it possible not only to design furniture faster and more efficiently, but also to create concepts with different price values, providing flexibility in the choice of materials without losing the quality and functionality of the products. It has been proven that Imos provides the possibility of manufacturing furniture in small series without significant costs for setting up equipment. And this is important for enterprises working on the model of mass customization, when each order can have unique characteristics. It is relevant that the use of Imos in combination with digital models and virtual simulation of production processes allows you to create a «digital double» of production, which helps to test processes and identify possible problems even before the actual production begins. It has been established that the symbiosis of Imos with flexible automated production allows to achieve high efficiency, flexibility and precision in furniture production. That is, such integration not only reduces production costs, but also improves the quality of products, allows you to quickly respond to market needs and satisfy individual customer requirements. On the other hand, the adaptation of the Imos CAD system is strategically important for the company's competitiveness in the furniture manufacturing market, confirming the role of flexible technology in moving the industry forward in today's economic environment.

**Keywords:** CAD-systems, adaptation, post-consumer wood, design, technology, furniture products, construction, recycling, flexible production, circular economy.