

УДК 674.02

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ШИПОВИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ВИРОБІВ З ДЕРЕВА

Д.А. Білий<sup>1</sup>, Н.О. Ротт<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студент групи 132-19-2, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [bilyi.d.a@nmu.one](mailto:bilyi.d.a@nmu.one)

<sup>2</sup>к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [rott.n.o@nmu.one](mailto:rott.n.o@nmu.one)

**Анотація.** У роботі розглядаються та перевіряються шипові з'єднання при проектуванні та будівництві дерев'яної меблі. Проводиться функціональний аналіз та аналіз напружень з'єднань у Autodesk Inventor.

*Ключові слова:* з'єднання, дерево, моделювання, аналіз, Inventor, Autodesk

## ANALYSIS OF THE USE OF TENON JOINTS IN THE DESIGN OF WOOD PRODUCTS

D.A. Bilyi<sup>1</sup>, N.O. Rott<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, email: [bilyi.d.a@nmu.one](mailto:bilyi.d.a@nmu.one)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor, Engineering and Generative Design Department, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [rott.n.o@nmu.one](mailto:rott.n.o@nmu.one)

**Abstract.** The paper considers and checks tenon joints in the design and construction of wooden furniture. The functional and stress analysis of joints in Autodesk Inventor is carried out.

*Keywords:* joints, wood, modeling, analysis, Inventor, Autodesk

**Вступ.** На даний момент виробництво дерев'яних виробів спрямовано більше на меблевий сектор. При проектуванні виробів з дерева одним з важливих етапів є вибір з'єднань, які забезпечують міцність та стабільність виробу. Шипові з'єднання використовуються для фіксації деталей між собою без використання різьбових, заклепкових і зварних з'єднань. Беруть на себе навантаження як динамічні, так і статичні. Мають складний шлях виробництва, але володіють покращеними технічними, експлуатаційними та візуальними характеристиками.

**Мета роботи.** Проаналізувати вимоги, переваги, недоліки з'єднань. Провести функціональний аналіз. Розрахувати умовні технічні характеристики з'єднань, види навантажень та експлуатаційну і виробничу ліквідність виробу.

**Матеріал та функціональний аналіз.** У відповідності до призначення з'єднань змінюються їх варіації і вимоги до експлуатаційних властивостей. Виробом для аналітичних розрахунків було обрано полоторне ліжко, виготовлене з дуба. Навантаження, прикладені до виробу, обумовлені експлуатаційними особливостями, а саме використанням ліжка людиною.

Поміж шипових з'єднань можна виділити шість, які представлені на рисунку 1.



Рис. 1. – Різновиди шипових з'єднань

Для застосування з'єднань у виробі був проведений функціональний аналіз деталей виробу, з метою вибору типу з'єднання, яке буде відповідати необхідним технічним умовам.

Виходячи з функціонального аналізу (табл. 1) можна зробити висновок, що основні частини, які переймають на себе навантаження є бруси і фанера.

**Аналіз та вибір типів з'єднань.** Рамки з брусків невеликих розмірів та з невеликою міцністю мають одинарні кутові шипові з'єднання. Більш міцним вважається подвійне кутове шипове з'єднання, але його доцільніше застосовувати в широких деталях.

Серединне з'єднання використовують під час з'єднання деталей у конструкцію з проміжними деталями.

Більш простим у виконанні вважається кутове або серединне з'єднання на вставних шипах, які вставляють в отвори в обох деталях. Вставні шипи можуть бути різними за формою: круглі, плоскі тощо.

Ящикові з'єднання мають багато дрібних шипів та виконуються на широких деталях малої товщини.

Таблиця. 1. – Функціональний аналіз деталей ліжка

Деталь	Функція	Виконання
Шпалери (бокові стінки)	забезпечення підтримки та стабільності ліжка	шпалери кріпляться до опори за допомогою шипових з'єднань
Бруси	підтримка фанери	бруси кріпляться до шпалер, що забезпечує підтримку фанери
Фанера	підтримка матрацу	фанера кріпляться до шпалер, що забезпечує підтримку матрацу та забезпечує рівномірний розподіл ваги на всю конструкцію ліжка
Опори (ніжки)	з'єднання всіх компонентів ліжка між собою	опори забезпечуються за допомогою ніжок, які кріпляться до шпалер; опори дозволяють зменшити навантаження на шпалери та забезпечити рівномірне розподілення ваги на підлозі.
Кріплення	забезпечення стійкості та підтримки ліжка на підлозі	кріплення здійснюються за допомогою шипових з'єднань; з'єднання забезпечують міцність та стабільність конструкції, а також дозволяють збирати та розбирати ліжко без використання додаткових інструментів.

Грунтуючись на вище викладену інформацію обрано такі з'єднання: Для шпалер та опори (ніжок) – ящиківі з'єднання (використовуватись буде

аналог – «ластівчин хвіст»), оскільки площа контакту цих деталей досить широка, а саме з'єднання гарантує щільний та ціпкий контакт. Для серединної балки – одинарне серединне з'єднання, оскільки ця балка кріпиться з обох боків, та через особливості проектування інші з'єднання були б недоцільними.

Для бічних балок – з'єднання зі вставними шипами, на відміну від серединної балки, бічні приймають на себе менші навантаження та їх площа контакту зі шпалерами значно більша, що дозволяє спроектувати більш надійну конструкцію завдяки збільшеній кількості шипів.

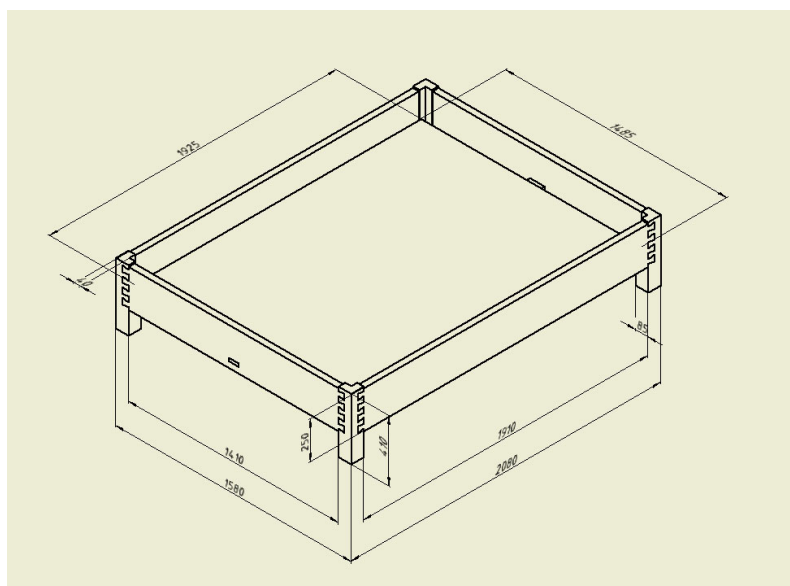


Рис.2. – Розрахунок навантажень. Першочерговий ескіз виробу.

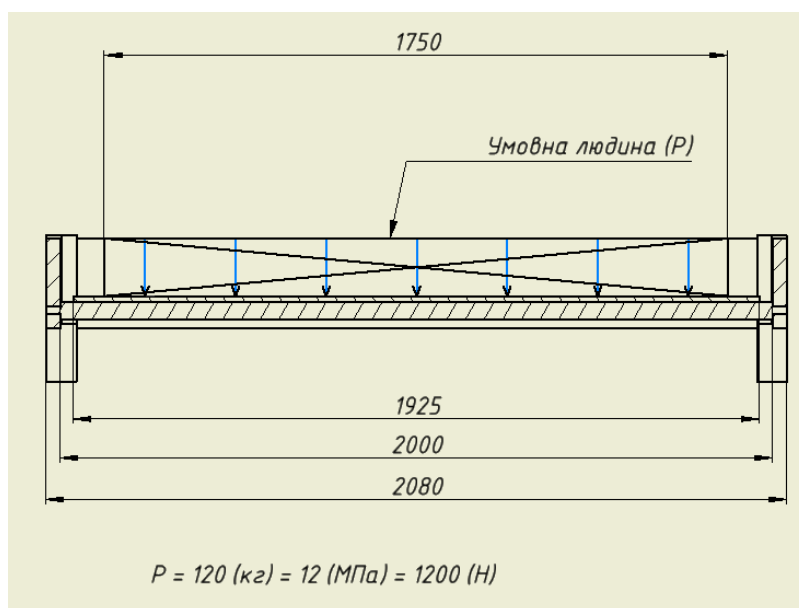


Рис.3. – Зображення навантажень

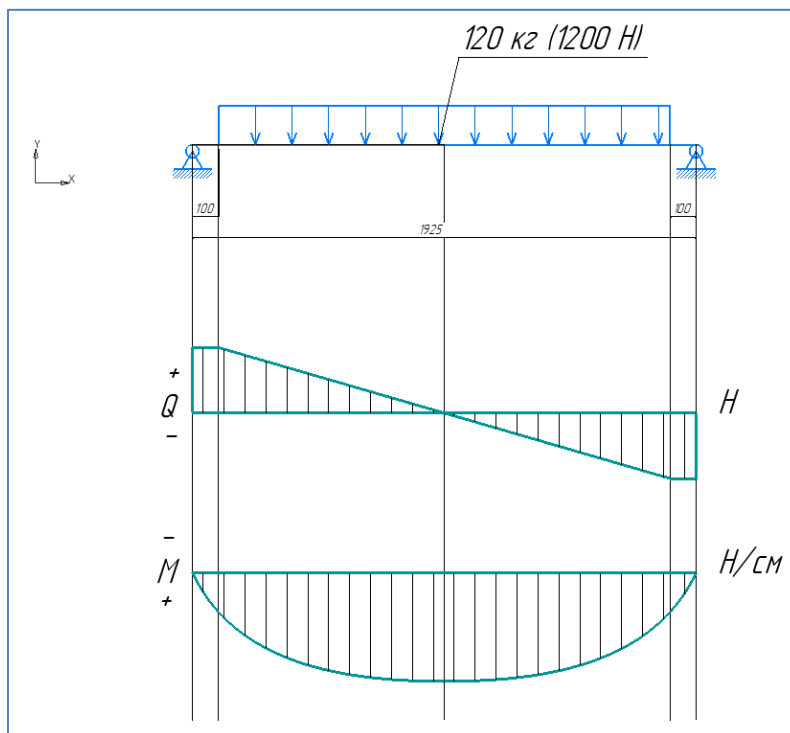


Рис.4. – Схематичне зображення епюри моментів сил

При подальшому розрахуванні потрібно зазначити параметри міцності матеріалу, за якими буде проведене розрахування.

Таблиця 2. – Властивості матеріалу

	Деревина (Дуб)
Щільність	0,760 г/см <sup>3</sup>
Модуль Юнга	15400,000 МПа
Коефіцієнт Пуассона	0,43
Межа плинності	46,600 МПа
Межа міцності розтягування	123,000 МПа

Розрахування проводили методом скінченних елементів у Autodesk Inventor.

Встановлення діючих навантажень.

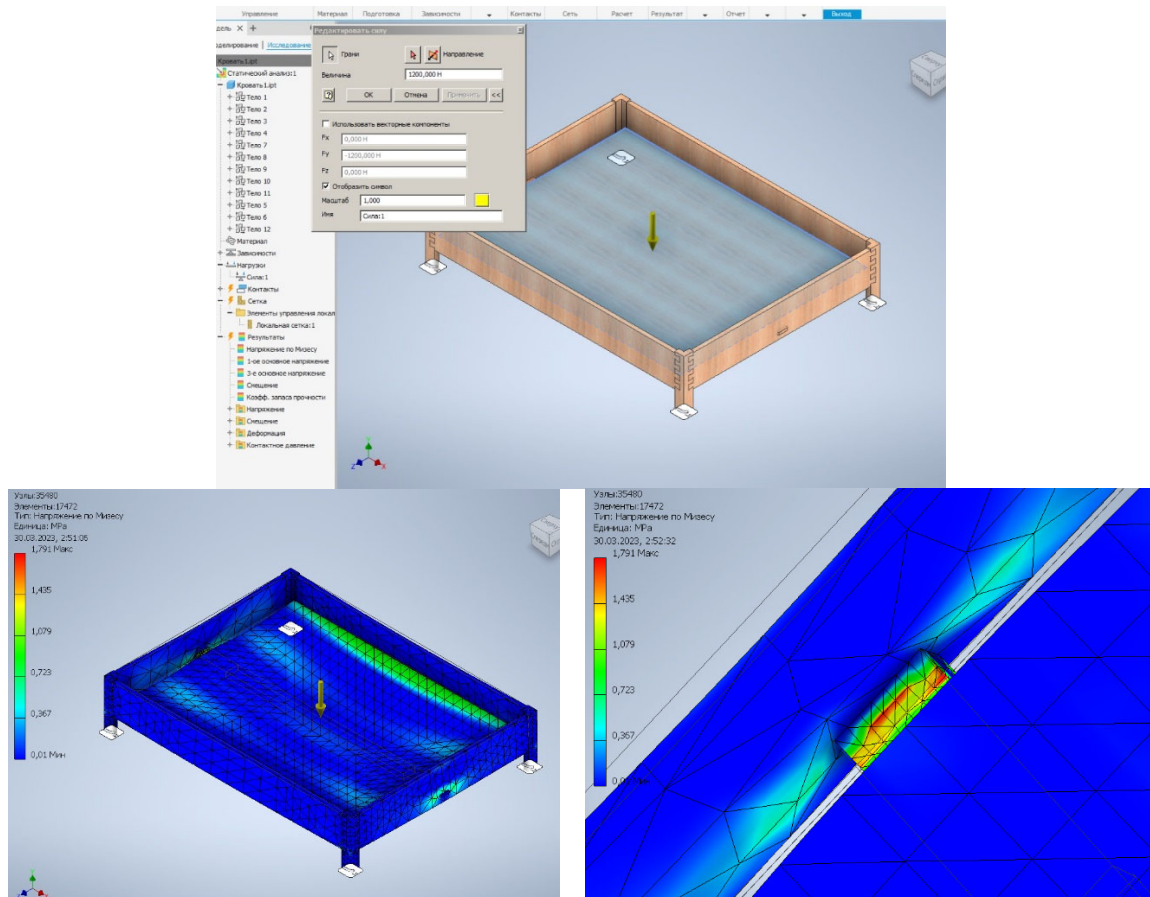


Рис.5. – Напруження по Мізесу:

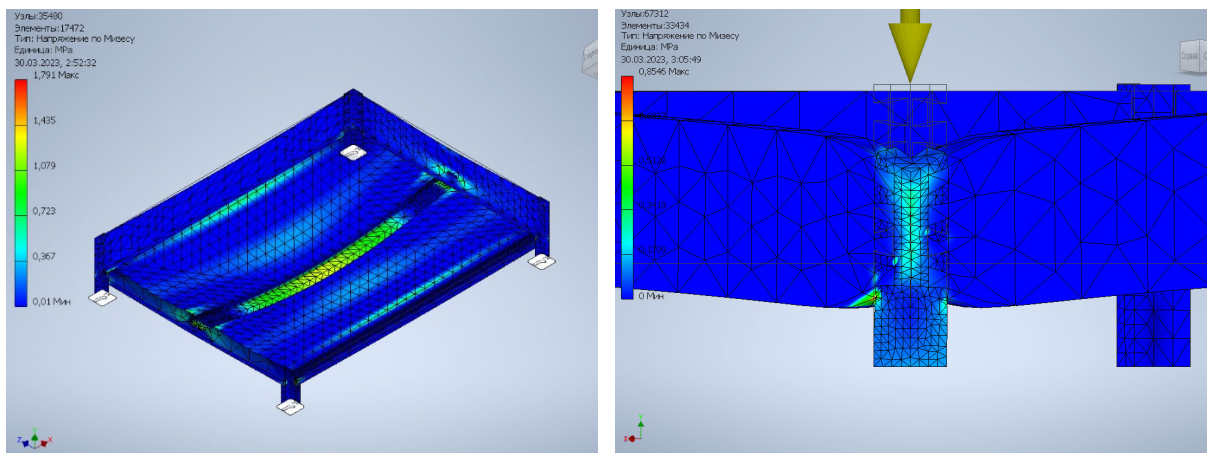


Рис.6. – Навантаження на ніжки ліжка

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновки, що:

- Максимальні навантаження не перевищують 2 МПа, що є гарним показником, який говорить про добрий опір навантаженням
- Відсутність значимого зсуву
- З'єднання мають достатній коефіцієнт запасу міцності.

**Висновки.** Використання нестандартних з'єднань може забезпечити більш міцну та стійку конструкцію ліжка, оскільки ці з'єднання можуть забезпечити більш тісне та точне з'єднання компонентів між собою.

Використання нестандартних з'єднань типу «ластівчин хвіст» може додати оригінальності та естетичної привабливості до дизайну ліжка, оскільки ці з'єднання можуть бути виготовлені в різних формах та розмірах, що дозволяє створити унікальну конструкцію.

Використання нестандартних з'єднань може зробити процес збирання та розбирання ліжка більш простим та швидким, оскільки ці з'єднання можуть дозволяти збирати та розбирати ліжку без використання додаткових інструментів.

Використання з'єднань типу «ластівчин хвіст» може дозволити регулювати розміри та форму ліжка, що може бути важливо при використанні ліжка у різних умовах та середовищах.

Проте, даний тип з'єднання має і ряд недоліків:

- Складність виготовлення: виготовлення нестандартних з'єднань може бути складнішим та вимагати більшої кваліфікації виробника, що може підвищувати вартість ліжка.
- Неможливість заміни компонентів: використання нестандартних з'єднань може ускладнити процес заміни окремих компонентів ліжка, оскільки ці з'єднання можуть бути специфічними для конкретної конструкції ліжка та не підходити для інших компонентів.
- Обмеженість вибору матеріалів: використання нестандартних з'єднань може обмежувати вибір матеріалів для виготовлення ліжка, оскільки не всі матеріали можуть бути легко з'єднані з використанням нестандартних з'єднань.

Таким чином, при будівництві ліжка з нестандартними з'єднаннями важливо уважно визначити переваги та недоліки використання цих з'єднань та ретельно продумати дизайн та конструкцію ліжка, щоб забезпечити оптимальну міцність, стійкість.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Дистанційна підтримка освіти школярів - Поняття про шипове з'єднання. URL: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/9024> (дата звернення: 22.04.2023).
2. ДСТУ ГОСТ 9330:2018 Основні з'єднання деталей з деревини та деревних матеріалів. Типи та розміри (ГОСТ 9330-2016, IDT).