

СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ»

Юрій Рубінський, Ігор Крошний*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, ORCID: 0009-0004-3111-7989,
yuriy.rubinskyu@nltu.edu.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна. ORCID: 0000-0003-0018-7998,
kroshny.igor@nltu.edu.ua

Автоматизоване проектування та дослідження процесу сушіння деревини у штабелях за допомогою SolidWorks Flow Simulation

Анотація. У роботі висвітлено підхід до автоматизованого проектування та моделювання процесу сушіння деревини у штабелях, що використовуються в конвективних сушильних камерах. За допомогою програми SolidWorks Flow Simulation проведено дослідження розподілу температури та вологовмісту деревини вздовж довжини пиломатеріалів у кожному ряді штабеля. Особливу увагу приділено аналізу змін цих параметрів у часі та просторі.

Ключові слова – автоматизоване проектування, сушіння деревини, SolidWorks Flow Simulation, тепловий розподіл, вологовміст, 3D моделювання, конвективна сушка.

Вступ. Автоматизація проектування 3D-моделей є важливим напрямом розвитку сучасного інженерного моделювання, зокрема для процесу сушіння деревини, де точне розміщення матеріалу та ефективне управління тепломасообміном мають вирішальне значення [1]. Конвективні сушильні камери потребують складного моделювання для досягнення оптимальних умов сушіння, а ручні методи моделювання є трудомісткими, підвищують ризик помилок і обмежують швидкість розробки. Розроблене програмне забезпечення автоматизує створення 3D-моделей штабелів деревини для сушильних камер, використовуючи макроси SolidWorks, що значно пришвидшує цей процес. Водночас, моделювання процесу сушіння у середовищі SolidWorks Flow Simulation дає можливість досліджувати поведінку теплових та масообмінних процесів, враховуючи просторове розташування пиломатеріалів у штабелі та параметри повітряного потоку. Отже, у даному дослідженні було змодельовано процес сушіння дере-

вини з аналізом розподілу температури і вологовмісту вздовж довжини пиломатеріалів у різних рядах та по всій висоті штабеля.

Розроблення ПЗ для автоматизованого проєктування 3D моделі штабелю. У процесі розроблення ПЗ для автоматизованого проєктування 3D моделей штабелів деревини було використано десктопний застосунок, створений на мові програмування C# з використанням Windows Forms [2]. Такий підхід передбачає наявність графічного інтерфейсу користувача, що забезпечує зручність взаємодії з програмою. Зокрема на головній формі ПЗ (див. Рис. 1) користувач може ввести параметри штабелів деревини, враховуючи кількість пиломатеріалів, їхні розміри (довжина, ширина, товщина) та породу деревини. Після введення даних, програма використовує ці параметри в SolidWorks за допомогою макросів, що дає змогу спроектувати 3D-модель штабелю та розмістити її у заздалегідь підготовленій 3D-моделі конвективної сушильної камери (див. рис. 2).

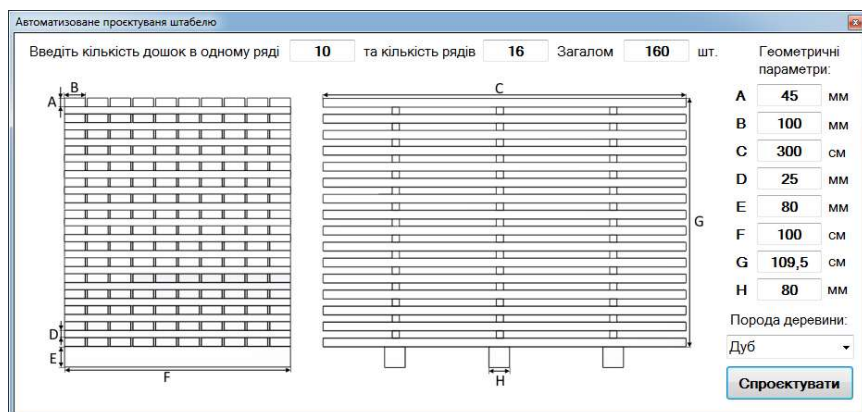


Рисунок 1. Головне вікно програми

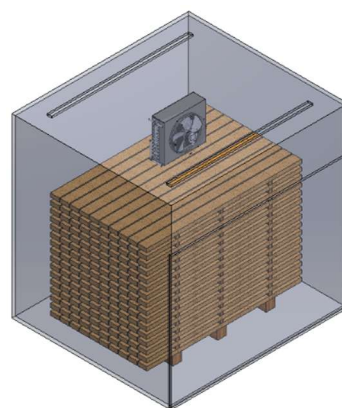


Рисунок 2. 3D модель камери

У даній 3D-моделі сушильної камери використовується осьовий вентилятор з водяним нагрівом (див. Рис. 3). Він забезпечує ефективний розподіл повітря в камері, що сприяє рівномірному процесу сушіння деревини. Використання водяного нагріву дає змогу більш точно контролювати температуру в камері, що важливо для забезпечення оптимальних умов сушіння [3].

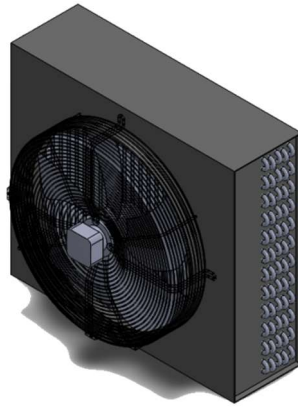


Рисунок 3. 3D модель вентилятора

Розроблення здійснюється з використанням класичного підходу до створення Windows-застосунків, що забезпечує високий рівень продуктивності та інтеграції з іншими програмними продуктами, враховуючи SolidWorks [4]. Вибір Windows Forms дозволив максимально спростити розробку інтерфейсу та забезпечити інтуїтивну взаємодію користувача з програмою [5]. Завдяки автоматизації процесу за допомогою макросів, програма значно зменшує кількість ручних операцій, що дає змогу швидко отримувати готові 3D-моделі для подальшого використання в інженерних дослідженнях

Проведення дослідження та аналіз результатів. У програмі SolidWorks Flow Simulation для проведення дослідження були задані основні параметри, що впливають на процес сушіння. Зокрема для моделювання потоку повітря був використаний інструмент «Fan», який дає змогу створити направлений повітряний потік з заданою швидкістю та температурою. Параметри вентилятора були налаштовані. Отже, щоб забезпечити рівномірне обдування штабелю з відносно високою швидкістю, що сприяє зниженню вологовмісту у пиломатеріалі.

Для моделювання нагрівання пиломатеріалу використаний інструмент «Heat Source», який дає змогу додавати джерела тепла з певною потужністю. Джерело тепла було налаштоване на рівномірне розподілення енергії, що дає змогу забезпечити рівномірний розподіл тепла по камері. Потужність джерела тепла становить 3000 Вт, чого цілком достатньо, щоб температура пиломатеріалу зростала до рівня, що прискорює процес випаровування вологи з деревини.

В результаті моделювання отримано графік зміни вологовмісту (Moisture Content) вздовж довжини пиломатеріалів у штабелі (див. рис. 4).

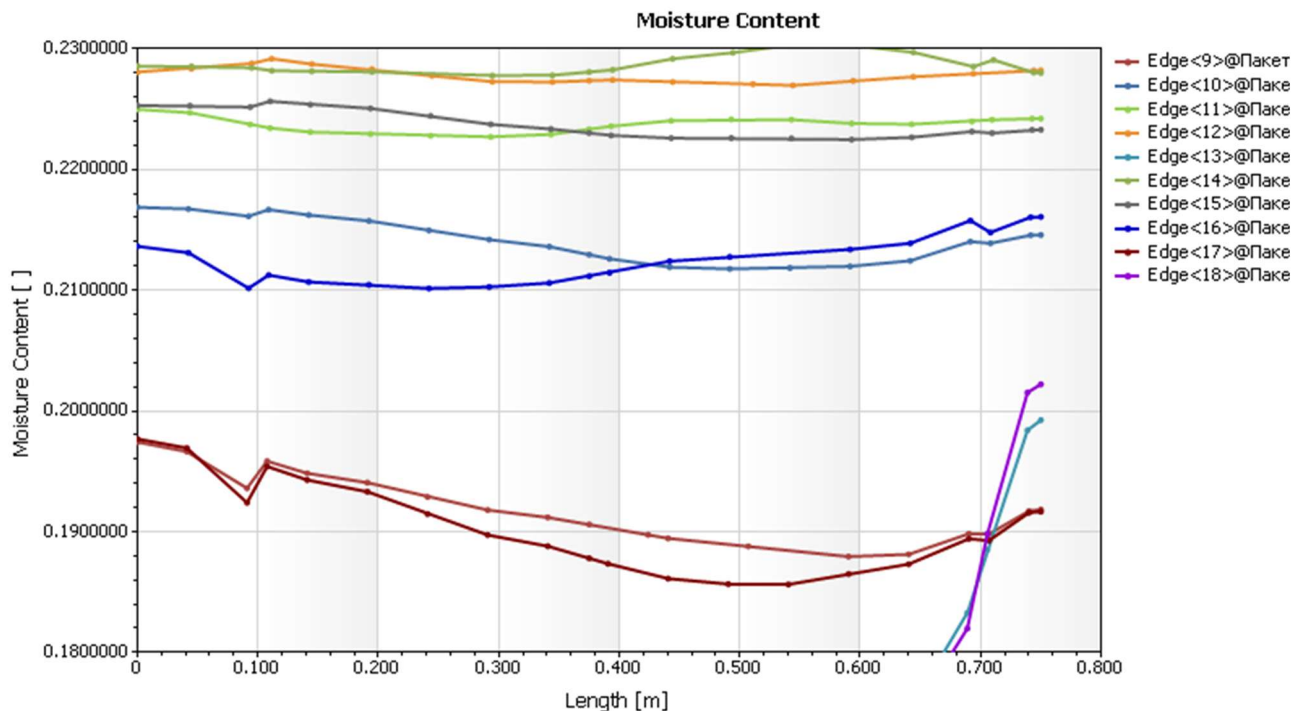


Рисунок 4. Графік зміни вологовмісту пиломатеріалів

Згідно цього рисунку видно, що вісь X (Length [m]) вказує на відстань вздовж пиломатеріалу від її початку до кінця, яка має довжину 0,8 м. Вісь Y (Moisture Content) вказує відносний вологовміст, який виражено в безрозмірній одиниці. На графіку видно незначні зміни вологовмісту уздовж довжини пиломатеріалу у різних рядах штабелю, позначених кольоровими лініями. Водночас на кінцях пиломатеріалів спостерігається незначне підвищення вологовмісту, що може вказувати на особливості процесу сушіння або вплив зовнішніх умов.

Оокрім цього, в результаті моделювання отримано графік зміни температури (Temperature (Solid)) вздовж довжини пиломатеріалів у штабелі (рис. 5).

У даному випадку, вісь X (Length [m]) також показує відстань вздовж довжини пиломатеріалу, а вісь Y (Temperature (Solid)) вказує на температуру в твердому матеріалі (пиломатеріалі) в градусах Цельсія. На графіку можна побачити зміну температури по довжині пиломатеріалів для різних рядів. Результати свідчать про збільшення рівня температури між двома кінцями одного пиломатеріалу, що може бути пов'язано із тенденцією до її підвищення вздовж довжини дошки.

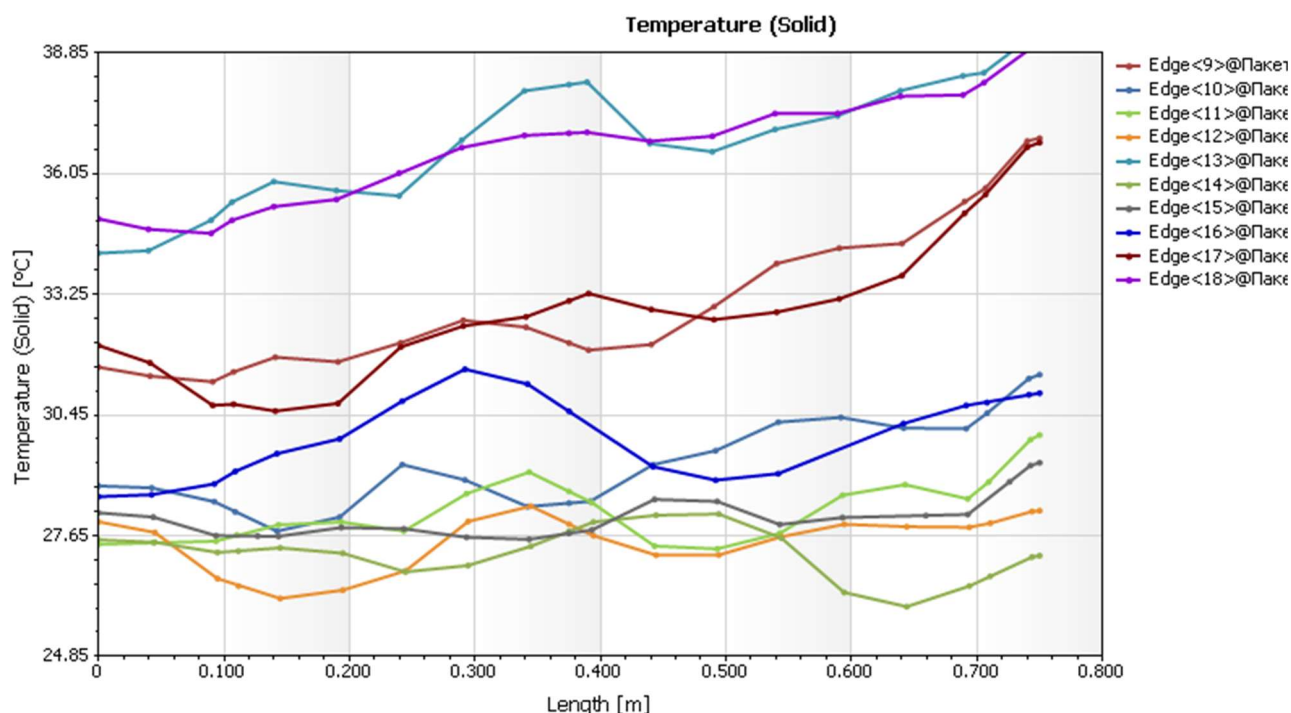


Рисунок 5. Графік зміни температури пиломатеріалів

Висновки. Результати моделювання підтверджують працездатність розробленого ПЗ для автоматизованого проектування 3D моделей штабелів деревини для конвективних сушильних камер. Використання SolidWorks Flow Simulation дало можливість детально дослідити просторово-часові зміни температури і вологовмісту пиломатеріалу, розміщеного у штабелі, що потенційно може дати можливість оптимізувати процес сушіння та покращити якість готової продукції. Зокрема отримані графіки відображають особливості розподілу тепла та вологості вздовж пиломатеріалів, що може бути враховано під час подальшої оптимізації технологічних параметрів сушіння.

Список використаних літературних джерел

- [1] Сінкевич О.В. Автоматизоване проектування 3D-моделі сушильної камери // О.В. Сінкевич, Я.І. Соколовський – Науковий вісник НЛТУ України, 2023, 33(5) – С. 54-62.
- [2] Rubinskyu, Y. V., & Kroshnyu, I. M. (2024). Development of software for automated design of three-dimensional models of convective drying chambers. Forestry education and science: current challenges and development prospects.

- [3] Борецька, І., & Соколовський, Я. (2015). Математичне моделювання конвективного процесу сушіння деревини з урахуванням границь фазових переходів. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Комп'ютерні науки та інформаційні технології, (826), 219-229.
- [4] Matsson, J. An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2023. SDC publications. 2023, 381.
- [5] Price, M. J. C# 9 and. NET 5—Modern Cross-Platform Development: Build intelligent apps, websites, and services with Blazor, ASP. NET Core, and Entity Framework Core using Visual Studio Code. Packt Publishing Ltd. 2020, 771.

Automated design and study of the drying process of timber in stacks using SolidWorks Flow Simulation

Yuriy Rubinskyy, Igor Kroshnyy

This paper presents an approach to the computer-aided design and modeling of the process of drying timber in stacks used in convective drying chambers. Using the SolidWorks Flow Simulation program, the distribution of temperature and moisture content of timber along the length of the lumber in each row of the stack was studied. Particular attention is paid to the analysis of changes in these parameters in time and space.