$$\left(\frac{\partial Q}{\partial \tau}\right)_{x=0} = \left(\frac{\partial Q}{\partial \tau}\right)_{x=S_1}. \qquad (13)$$

Зауважимо, що описаний вище процес спостерігається у всіх матеріалах при наявності точкового або розподіленого джерела променевої енергії, хоча чітке аналітичне розв'язання для *t*() не може бути отримано через складні граничні умови, які містять величину потоку тепла в матеріалі і на виході з нього.

У випадку Гаусового розподілу, коли питома густина поглиненої енергії $q_A(x)$ визначається:

$$q_A(x) = \frac{Q_{\text{погл.}}}{F \cdot \tau} = q_0 \cdot \exp\left(\frac{-x^2}{r^2}\right), \qquad (14)$$

то розв'язок приведеного рівняння теплопровідності (9) має такий вигляд:

$$t(x, y, \tau) = \frac{q_{\max} \cdot r^2}{\lambda}\left(\frac{a}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} \int_0^{\tau} \frac{P(\tau - \tau')\partial\tau'}{\sqrt{\tau'}\left(4 \cdot a \cdot \tau' + r^2\right)} \cdot \exp\left[\frac{z^2}{4 \cdot a \cdot \tau} - \frac{x^2}{4 \cdot a \cdot \tau'}\right], \qquad (15)$$

де: q_0 – густина потужності випромінювання лазера в центрі плями фокусування; q_0 – максимальна густина випромінювання в центрі плями (пучка); r – радіус Гаусового пучка променів; t – температура як функція глибини z, що відраховується від поверхні, радіальної віддалі x від центру теплового джерела і часу τ з моменту початку дії теплового імпульсу лазера; $P(\tau)$– потужність лазерного випромінювання $\left(P = q / q_{\max}\right)$ за час τ; $h_\lambda\left(h_\lambda = \sqrt{4 \cdot a \cdot \tau}\right)$ – глибина проникнення променів в товщину матеріалу, м.

Щодо методів теоретичних досліджень температурних полів в матеріалі при лазерній обробці, то їх ми розглянемо в наступних наших роботах.

Література

1. Діагностика властивостей деревини в технологічних процесах деревооброблення: Наукове видання/ За ред. канд. техн. наук І.М. Озарківа. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2003. – 228 с.

УДК674:621.9.001.57

Доц. М.І. Пилипчук, канд. техн. наук;
студ. Ю.З. Юревич; студ. П.В. Бенько;
студ. С.В. Оспенков – НЛТУ України;
студ. І.П. Пилипчук – НУ "Львівська політехніка"

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Розроблено методику і програму у середовищі Excel для опрацювання статистичних даних результатів експериментальних досліджень технологічної точності деревообробних верстатів із установленням квалітету точності оброблення, класу точності верстата та закону розподілу похибок розмірів оброблених деталей.

Ключові слова: програма, дослідження, точність, оброблення, деревина, верстат.

Doc. M.I. Pylypchuk; stud. Y.Z. Yurevych; stud. P.V. Benko; stud. S.V. Ospenkov – NUFWT of Ukraine; I.P. Pylypchuk – NU "L'vivs'ka Politekhnika"

Improvement of a technique of research of technological accuracy a tree of processing machine tools

Is developed a technique and program in system Excel of processing of statistical given results of experimental researches of technological accuracy of machine tools, processing a tree, for definition of accuracy of processing, class of accuracy of the machine tool and law of distribution of a deviation (rejection) of the sizes of the processed details is developed.

Keywords: The program, research, accuracy, processing, tree, machine tool.

1. Актуальність розроблення

Необхідність підвищення якості механічного оброблення заготовок із деревини та деревних матеріалів, яка обґрунтована в роботі [1], вимагає подальших досліджень технологічної точності деревообробних верстатів на основі сучасних наукових методів та комп'ютерних технологій.

Існуючі методики дослідження технологічної точності деревообробних верстатів [2, 3] базуються на статистично-імовірнісному методі, який містить великий обсяг математичних обчислень для визначення основних статистичних характеристик та перевірки закономірності нормального розподілу похибки оброблення заготовок. Для швидкого і точного виконання таких математичних обчислень доцільно застосовувати ЕОМ, що потребує розроблення спеціальних прикладних програм.

Необхідно відзначити також, що згадані методики є розрізненими та обмеженими щодо визначення результатів класу точності верстата і перевірки гіпотези про закон розподілу похибки оброблення заготовок. Значним недоліком їх є те, що у разі невідповідності розподілу похибки оброблення нормальному закону, результати дослідження залишаються не визначеними. Тобто, для остаточного встановлення закономірності похибки оброблення заготовок необхідно вводити нові гіпотези і їх перевірку на достовірність з метою одержання ефективного та цінного кінцевого результату дослідження.

На основі наведеного вище вважаємо необхідним вдосконалення існуючої методики в напрямку забезпечення можливості застосування ЕОМ для оброблення та аналізу статистичних даних експериментальних досліджень технологічної точності деревообробних верстатів і встановлення закономірності розподілу похибки оброблення заготовок.

2. Основні напрямки вдосконалення методики

Одним із напрямків вдосконалення методики є забезпечення встановлення закономірності розподілу похибки оброблення заготовок на будь-якому деревообробному верстаті незалежно від його стану точності. Насамперед перевірку необхідно виконувати на відповідність розподілу похибок нормальному закону, оскільки у більшості випадків за даними [2, 3] ці залежності описуються нормальним законом. Проте під час експлуатації верстатів, через появу певних домінуючих факторів, їх технологічна точність змінюється, зазвичай, у бік зниження [3, 4] і тоді, розподіл похибки оброблення заготовок має значні відхилення від нормального закону. Тому пропонуємо застосувати додаткову перевірку гіпотези за законом розподілу Гніденка-Вейбула. Цей

закон, як підтверджено в роботі [4], завдяки своїй універсальності, за наявності трьох параметричних характеристик може адекватно описувати різної форми відхилення від нормального розподілу.

Другий напрямок вдосконалення методики полягає у створенні прикладної комп'ютерної програми для реалізації тієї частини досліджень технологічної точності деревообробних верстатів, що вимагає математичного опрацювання статистичних даних експериментальних досліджень.

Одним із найвідоміших та широкодоступних комп'ютерних середовищ для створення прикладних програм такого характеру є електронні таблиці EXCEL [5], які дають змогу виконувати математичні обчислення статистичних даних у вигляді таблиць і одержувати результати як у числовому вигляді так і в графічному. Тому для створення прикладної програми використовуємо середовище EXCEL.

Розроблення програми виконувалось із дотриманням таких основних принципів:

- забезпечення універсальності програмної методики для можливого дослідження технологічної точності різних типів конструкцій деревообробних верстатів;
- забезпечення ефективності і завершеності кінцевого результату дослідження;
- комплексність підходів у визначенні показників технологічної точності верстатів та встановлення закономірності розподілу похибки оброблення;
- можливість опрацювання масивів вхідних даних із будь-якою кількістю значень вибірки з підтвердженням її репрезентативності;
- забезпечення наочності одержаних результатів через представлення їх у графічному вигляді.

3. Опис будови та можливостей прикладної програми

Програма для зручності користувача розміщена на чотирьох окремих листах електронних таблиць Excel, на кожному з яких наочно представлено в логічній послідовності завершені етапи дій програми, що поміщаються у робочому вікні екрана дисплея. Виконання математичних обчислень у програмі здійснюється в автоматичному режимі при зміні кожного значення таблиці вхідних даних.

Блок-схема виконання програми сформована в такій послідовності.

На першому листі (рис. 1) розміщено таблицю вхідних даних та коментарі про тему дослідження і правила вводу вхідних величин. Таблиця вхідних даних програми забезпечує опрацювання масивів із будь-яким об'ємом вибіркової сукупності експериментальних даних у межах від 50 до 100 значень.

На другому листі (рис. 2) наведено початкові результати оброблення вхідних даних, які стосуються визначення основних статистичних характеристик, квалітету точності оброблення деталей та класу точності верстата. На цьому сасому листі виведено проміжні результати розрахунку статистичних показників та довідкові дані і коментарі.

На третьому листі програми виведено результати перевірок гіпотез про закони розподілу похибки оброблення деталей. Зокрема, на рис. 3 показано графічне зображення перевірки нормального розподілу, а на рис. 4 – графічне зображення результатів розподілу та перевірки правильності гіпотези закону Гніденка-Вейбула.

Дослідження різнотовщинності дощок, випиляних на горизонтальному стрічкопилковому верстаті

Результати експерементальних досліджень

ВХІДНІ ДАНІ

40,5	40,4	40,8	40,55	41,65	41,6	41,7	41,75	43,05	44,9
41,1	39,45	41,8	39,75	41,05	41,8	42,45	41,5	41,7	45,15
42,35	41,65	42,2	41,35	41,85	41,5	43,05	42,2	42,9	45,5
43,2	39,6	43,75	41,1	42,05	41,35	42,75	42,6	43,3	45,65
42,9	41,15	42,9	42	41,95	42	41,85	42,3	43,75	45,55
43,85	41,55	43,25	43,15	42,4	42,05	42,9	41,55	43,05	45,35
42,7	42,95	42,05	43	42,55	42,3	41,2	42,45	43,35	45,1
42,95	43	42,8	43,05	42,35	41,5	42,8	42,8	42,05	44,75
42,8	43,25	42,7	43,25	42,55	42,45	43,15	42,65	45,15	44,6
43,25	43,3	43	43,25	42,7	42,8	43,65	41,55	44,65	44,5

Кількість дослідів = 100

Увага!!! Максимальна кількість дослідів 100

Якщо використовуєте менше дослідів , то лишні ячейки незаповнюйте !!!

Рис. 1. Фрагмент програми: лист перший – вхідні дані

Мінімальне знач = 39

Максимальне знач = 46

Результати технологічної точності верстата

Розбиваємо вибірку на 7 інтервалів і знаходимо їх характеристики

Min	39,45	40,34	41,221	42,1071	42,9929	43,88	44,7643	45,65	Max
ІМОВІРНІСТЬ		0,03	0,09	0,25	0,29	0,22	0,04	0,08	
СЕР.ЗНАЧЕННЯ		39,89	40,779	41,6643	42,55	43,44	44,3214	45,21	
НОМЕР ІНТЕРВАЛУ		1	2	3	4	5	6	7	

Mi(серед.сер.зн.)	42,56771429
Сер.квад.відх.	1,246111551
Поле розс.пох.ω	7,479669306
Серед. знач.	42,5613
δ_{10}(квалітет 10)	0,1
	0,16
	0,41

$$T_1 = \frac{\omega}{\delta_{10}}$$

T_1	74,77
Клас точності верстата	4
Квалітет точності обробки	17,18

Рис. 2. Фрагмент програми із другого листа – встановлення класу точності верстата

Задля аналізу та зівставлення результатів перевірки гіпотез про закон розподілу похибки програмою передбачено побудову суміщених графіків статистичної кривої, нормального розподілу та Гніденка-Вейбула (рис. 5). Це особливо важливо у тому випадку, коли підтверджуються обидві гіпотези одночасно і потрібно вибрати більш точний результат.

Четвертий лист програми – це сторінка друку результатів (вхідні дані, показники статистичного оброблення, квалітет точності оброблення, клас точності верстата, закон розподілу похибки оброблення).

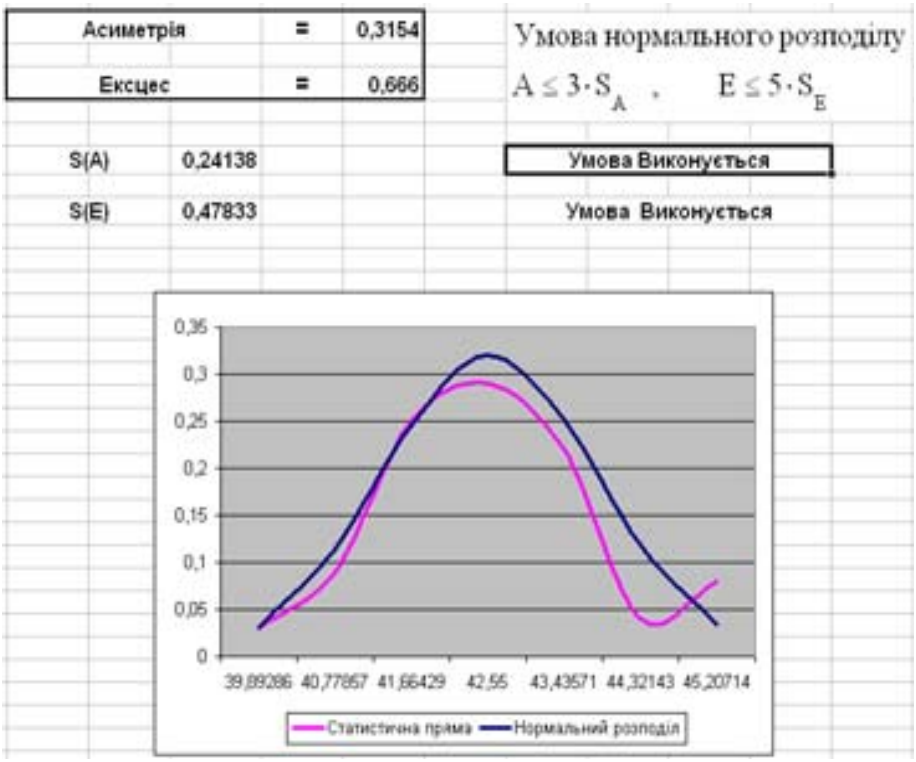


Рис. 3. Фрагмент програми – перевірка нормального закону розподілу похибки оброблення заготовок

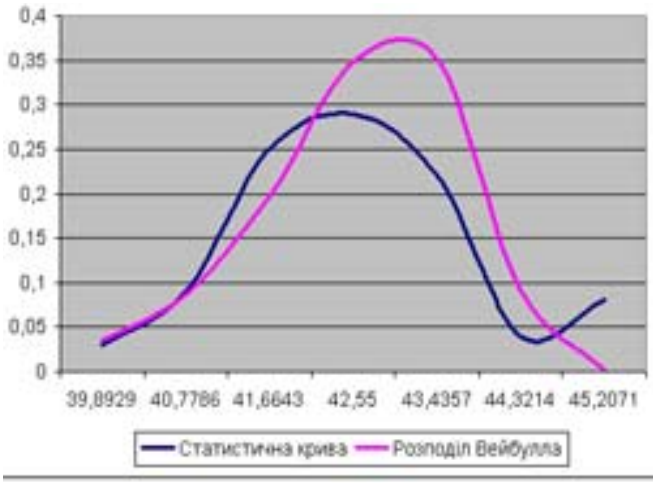


Рис. 4. Фрагмент програми – перевірка закону Гніденка-Вейбула

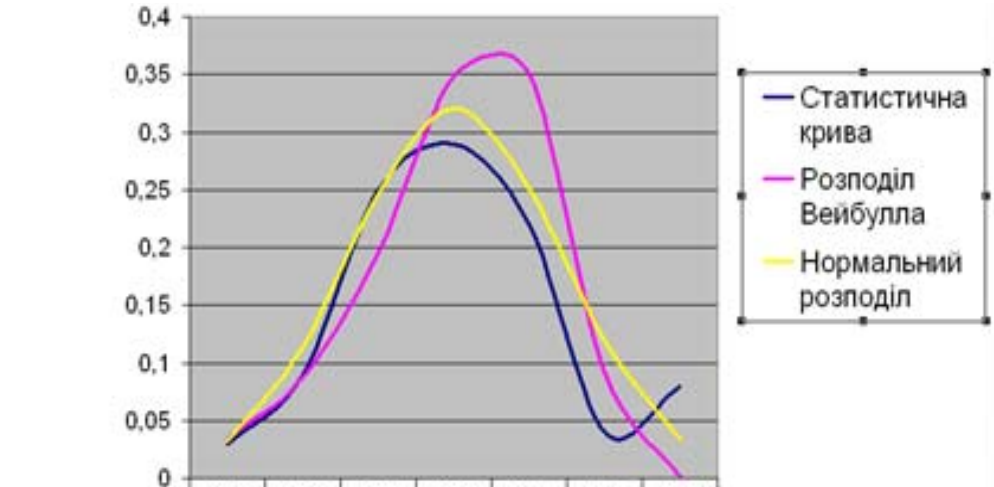
Перевірка закону Гніденка – Вейбулла

$$\chi^2_{роз} < \chi^2_{кр}$$

Умова виконується

Розроблена програма забезпечує такі основні можливості:

- виконання розрахунків в автоматичному режимі на всіх етапах програми;
- автоматичний перерахунок всіх результатів обчислень та графічного їх зображення під час зміни кожного із значень вхідних даних;
- перехід і повернення до будь-якого вікна у незалежному їх порядку для можливого перегляду та аналізу одержаних результатів;
- вибір остаточних результатів та вивід їх на сторінку друку.



	39,9	40,8	41,7	42,6	43,4	44,3	45,2
Статистична крива	0,03	0,09	0,25	0,29	0,22	0,04	0,08
Розподіл Вейбулла	0,035	0,087	0,196	0,348	0,351	0,092	1E-03
Нормальний розподіл	0,032	0,114	0,246	0,32	0,251	0,119	0,034

Рис. 5. Фрагмент програми – порівняння результатів перевірки гіпотез про закон розподілу похибки оброблення

3. Аналіз результатів дослідження

За допомогою розробленої методики виконано оброблення експериментальних даних дослідження технологічної точності розпилювання колод на горизонтальному стрічкопилковому верстаті, які попередньо були представлені у роботі [6]. Вхідні дані, які наведені на рис. 1, відповідають реальним значенням товщини дощок, випиляних на горизонтальному стрічкопилковому верстаті.

На основі одержаних значень статистичних показників (див. рис. 2) встановлено, що точність оброблення заготовок відповідає 18 квалітету, а верстат – четвертому класу точності. Тобто, цей верстат належить до низького класу точності.

Перевіркою гіпотез про закон розподілу похибки оброблення (див. рис. 3, 4) встановлено, що розподіл відповідає нормальному закону і одночасно може бути описаний законом Гніденка-Вейбула, який за даними перевірки гіпотези, також із достатньою точністю описує представлену залежність.

У цьому випадку, для вибору більш точного результату, важливим є можливість порівняння двох графічних залежностей законів розподілу. На основі графічного зображення суміщених графіків (див. рис. 5) можна зробити висновок, що більш точно описує дану залежність нормальний закон розподілу.

Висновки

1. На основі аналізу можливостей існуючої методики дослідження технологічної точності деревообробних верстатів встановлено обмеженість та невідповідність сучасному науковому рівню результатів дослідження, що свідчить про потребу вдосконалення даної методики.
2. Розроблено методику опрацювання статистичних даних експериментальних досліджень і представлено у вигляді прикладної програми забезпе-

чує одержання значень основних статистичних характеристик, установлення квалітету точності оброблення, класу точності верстата та закону розподілу похибок оброблення заготовок.

3. Результати дослідження за розробленою методикою технологічної точності горизонтального стрічкопилкового верстата для розпилювання колод підтверджують правильність й ефективність методики.
4. Розроблена методика може використовуватись як складова частина загальної методики дослідження технологічної точності різних видів конструкцій деревообробних верстатів, а також для перевірки стану точності деревообробних верстатів в умовах виробництва.

Література

1. Пилипчук М.І. Основні напрямки розвитку теорії точності механічного розроблення деревини та деревних матеріалів// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2005, вип. 15.1. – С. 165-170.

2. Манжос Ф.М. Точность механической обработки древесины. – М.-Л.: Гослесбумиздат. – 1959. – 264 с.

3. Комаров Г.А. Точность дереворежущих станков. Размерная настройка: Учебн. пособие. – М.: МЛТИ, 1985. – 56 с.

4. Шостак В.В. Монтаж, технічне обслуговування і ремонт деревообробного обладнання: Підручник для ВНЗ. – Львів: УкрДЛТУ, Ахіл, 2000. – 284 с.

5. Григор'єв А.С., Пилипчик М.І. Методика створення програм в Excel та використання їх у навчальному процесі// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 10.2. – С. 234-235.

6. Пилипчук М.І., Климаш Р.Р. Підвищення точності розпилювання колод на горизонтальному стрічкопилковому верстаті// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2005, вип. 15.2 – С. 108-113.

УДК 634.0.812

Доц. Б.П. Поберейко, канд. техн. наук – НЛТУ України

РОЗРОБКА ТЕРМОДИНАМІЧНОГО КРИТЕРІЮ МІЦНОСТІ ДЕРЕВИНИ

Визначено швидкість дисипації енергії деформування та отримано критерій технологічної міцності для деревини зі сталими фізико-механічними характеристиками та змінними вологісними полями. Показано, що в умовах гідротермічного оброблення характер розвитку міцності істотно залежить від динаміки вологісного стану матеріалу.

Doc. B.P. Pobereyko – NUFWT of Ukraine

Development of thermodynamics criterion of durability woods

Certainly speed of dissipation of energy of deformation and the criterion of technological durability is got for wood with permanent physics-mechanical descriptions and variable humidity fields. It is shown that in the conditions of treatment character of development of durability depends on the dynamics of the humidity state of material.

Актуальність. Ефективність сучасного виробництва визначається вимогами забезпеченості гарантованої якості продукції, мінімізації сировинних, енергетичних та інших витрат на її виготовлення, а також інтенсифікацією технологічних процесів. Одним із способів її підвищення у галузі гідротермічного оброблення пиломатеріалів є корекція відомих та розробка нових