

73. Shahumyan H. Urban development scenarios and probability mapping for greater Dublin region: The MOLAND model applications / H. Shahumyan, R. White, L. Petrov, B. Williams, S. Convery, M. Brennan // Computational science and its applications. – 2011. – № 6782. – Pp. 119-134.

74. Van de Voorde T. Improving the calibration of the MOLAND urban growth model with land-use information derived from a time-series of medium resolution remote sensing data / Van de Voorde T., van der Kwast J., Uljee I., Engelen G., Canters F. // Computational science and its applications. – 2010. – № 6016. – Pp. 89-104.

75. Walsh C. The MOLAND model: utility and limitations for spatial planning practice and research / C. Walsh, B.O. Twumasi // Urban Institute Ireland Working Paper Series. – 2008. – № 8(2). – Pp. 1-5.

76. Twumasi B. Recommendations for Further Improvement to the MOLAND Model / B. Twumasi // Urban Institute Ireland Working Paper Series. – 2008. – № 1. – Pp. 1-7.

77. Dietzel C. Toward Optimal Calibration of the SLEUTH Land Use Change Model / C. Dietzel, K.C. Clarke // Transactions in GIS. – 2007. – № 11(1). – Pp. 29-45.

78. Silva E.A. Complexity, Emergence and Cellular Urban Models: Lessons Learned from Applying SLEUTH to two Portuguese Cities / E.A. Silva, K. Clarke // European Planning Studies. – 2005. – № 13 (1). – Pp. 93-115.

79. Jantz C.A. Designing and implementing a regional urban modelling system using the SLEUTH cellular urban model / C.A. Jantz, S.J. Goetz, D. Donato, P. Claggett // Computers, Environment and Urban Systems. – 2010. – № 34. – Pp. 1-16.

80. Fisher P. Classics from IJGIS: twenty years of the international journal of geographical information systems and science / P. Fisher. – New York : Taylor and Francis, CRC., 2006. – 572 p.

Пасичник В.В., Артеменко О.И. Информационные технологии моделирования пространственного развития туристической инфраструктуры

Проведен анализ исследований и разработок в области информационных технологий для отрасли туризма и моделирования процессов развития урбанистической инфраструктуры. Сформирована классификация информационных технологий для различных звеньев туристической отрасли. Обоснована целесообразность сочетания интеллектуальных технологий анализа данных с функциональными возможностями геоинформационных систем для решения задач поддержки принятия решений и прогнозирования развития туристической инфраструктуры региона. Показана актуальность потребности в разработке информационной технологии, которая позволит анализировать пространственное распределение рекреационных ресурсов региона и будет способствовать принятию научно обоснованных решений по инвестированию в туристическую инфраструктуру региона.

Ключевые слова: туризм, информационные технологии, туристическая инфраструктура, моделирование пространственного развития объектов, урбанизация.

Pasichnyk V.V., Artemenko O.I. Information Technologies for Simulation of Spatial Development of Tourism Infrastructure

The analysis of researches and software developments in information technologies for tourism and processes of modelling development of urban infrastructure was made. The classification of information technologies to various parts of the tourism industry was formed. Expediency of combination of intelligent data mining technologies with functionality of GIS was proved to solve problems of decision support and forecasting of tourism infrastructure development in the region. Relevance of the need to develop an information technology, that will help analyze the spatial distribution of recreational resources of the region and promote the scientifically based decisions about investment in tourism infrastructure in the region, was proved.

Keywords: tourism, information technologies, tourism infrastructure, spatial modeling, urbanization.

УДК 674.05.053:621.93

Доц. М.І. Пилипчук, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

На основі аналізу відомих методик встановлено ефективність застосування статистично-аналітичного методу та математичного моделювання для дослідження динаміки технологічної точності деревообробних верстатів упродовж визначеного періоду їх роботи. Вдосконалено методику математичного моделювання динаміки технологічної точності верстатів шляхом створення прикладної програми на ЕОМ, яка забезпечує опрацювання статистичних даних експериментальних досліджень і встановлення регресійної залежності динаміки технологічної точності верстата у вигляді полінома n-го степеня, а також побудову графічних залежностей.

Ключові слова: точність, оброблення, верстат, динаміка, програма.

Актуальність теми дослідження. Необхідність розвитку методології досліджень технологічної точності деревообробних верстатів зумовлена вимогами новітніх технологій деревообробного виробництва та покращення умов експлуатації деревообробних верстатів [1]. Зокрема, стрімкий розвиток виробництва столярно-будівельних виробів, передусім, ставить завдання щодо підвищення якості виробів до рівня євростандартів. Якість готових виробів залежить від якості оброблення окремих заготовок у процесі пиляння, фрезування, шліфування та інших видів різання деревини.

Одним з найважливіших показників якості оброблення у процесі різання є точність розмірів і форми виготовлених деталей [2, 3]. Джерелом похибок оброблення заготовок на деревообробному верстаті є динамічна система верстат-інструмент-заготовка (ВІЗ), яка містить багато чинників, що мають як постійний, так і змінний або випадковий характер впливу на точність оброблення.

Найбільш складним і постійним джерелом похибок оброблення є верстат, період експлуатації якого становить десятки років. Основним показником працездатності деревообробного верстата є технологічна точність, яка в процесі експлуатації верстата знижується порівняно з початковою. Часткове відновлення стану точності верстата здійснюється шляхом періодичного загострювання різального інструмента та налагодження і ремонту самого верстата.

Необхідність прийняття конкретних практичних рішень з підвищення або відновлення технологічної точності деревообробного верстата вимагає сучасного науково-теоретичного обґрунтування. Тому вважаємо актуальним виконання подальших досліджень динаміки технологічної точності деревообробних верстатів на основі сучасних наукових методів і комп'ютерних технологій.

Аналіз відомих методик. Основоположником методологічних основ дослідження технологічної точності процесів різання деревини вважають проф. Ф.М. Манжоса [2]. Він застосував в основному статистично-імовірнісний метод, який дає змогу визначити наявність похибки та її величину. Але всі дослідження виконано у статті відносно системи ВІЗ, тому отримані результати не враховують динамічних змін показників точності оброблення.

Подальший розвиток методології дослідження точності механічного оброблення деревини здійснили провідні російські вчені В.В. Амаліцький та

Г.О. Комаров, основні результати досліджень яких викладено в наукових працях [3, 4]. Зокрема Г.О. Комаров, за розробленою методикою миттєвих вибірок, провів експериментальні дослідження динаміки точності оброблення партії деталей, що дало змогу перейти до математичного моделювання закономірності зміни поля розсіювання похибок за період оброблення партії заготовок та визначення динамічних показників оцінювання точності.

Метод математичного моделювання стану точності деревообробних верстатів став основним для подальших досліджень процесів механічного оброблення деревини та деревних матеріалів [5-7], що дало змогу запровадити низку практичних рішень щодо підвищення точності оброблення на цих верстатах.

На основі наведеного вище вважаємо необхідним вдосконалення наявної методики в напрямку забезпечення можливості застосування ЕОМ для оброблення та аналізу статистичних даних експериментальних досліджень технологічної точності деревообробних верстатів і встановлення закономірності її динаміки упродовж міжналагоджувального періоду роботи верстата. Отже, основою методики досліджень динаміки технологічної точності є статистично-аналітичний метод, який вимагає проведення експерименту.

Одним із напрямків вдосконалення методики є розроблення математичної моделі динаміки точності виготовлення партії деталей упродовж періоду стійкості інструменту. Другий напрямок вдосконалення методики полягає у створенні прикладної комп'ютерної програми для реалізації тієї частини досліджень, що вимагає математичного опрацювання статистичних даних експериментальних досліджень.

Вибір математичної моделі динаміки технологічної точності. Згідно з методикою Г.О. Комарова [4], похибка, що виникає під час виготовлення партії деталей, характеризується параметрами поля розсіювання ω та розмірного налагодження X (рис. 1). Параметром поля розсіювання характеризуються випадкові похибки, параметром розмірного настроювання – систематичні. У більшості деревообробних верстатів під час оброблення партії деталей ці показники безперервно зростають.

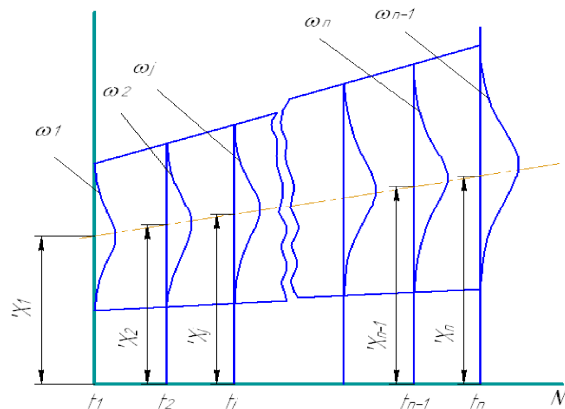


Рис. 1. Модель динаміки технологічної точності верстата під час виготовлення партії деталей

Величину поля розсіювання випадкових похибок визначають з припущення, що розсіювання похибок підлягає нормальному закону розподілу величин, а зміна розміру X_j у часі має лінійний характер і описується таким рівнянням:

$$X_j = X_1 + C_1 \cdot t, \tag{1}$$

де C_1 – коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни середнього значення розмірного налагодження верстата або швидкість його розлагодження.

Величину поля розсіювання визначають із залежності

$$\omega_j = \omega_1 + C_2 \cdot t, \tag{2}$$

де C_2 – коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни випадкової похибки або нестабільність роботи верстата за розсіюванням розмірів.

Залежності (1) і (2) дають змогу отримати спрощені моделі динаміки технологічної точності верстата, які у більшості випадків мають значно складніший характер зміни [6, 7]. На основі результатів досліджень динаміки точності пиляння за період стійкості інструмента на стрічкопилкових та круглопилкових верстатах [8, 9], можна стверджувати, що для опису цієї залежності потрібно застосовувати поліноміальну модель, що має вигляд

$$Y_n(x) = C_n x^n + C_{(n-1)} x^{(n-1)} + \dots + C_1 x + C_0, \tag{3}$$

де: C_0 – коефіцієнт, що характеризує початкове значення параметра оцінки; C_1, \dots, C_n – коефіцієнти, що характеризують характер зміни параметра у часі.

Зі зростанням степеня полінома можна досягнути будь-якого ступеня наближення емпіричної залежності і, навіть, повного збігу з експериментальними даними. На основі аналізу результатів досліджень [3, 4, 6, 7] встановлено, що для опису динаміки технологічної точності деревообробних верстатів упродовж періоду стійкості інструмента можна обмежитися поліномами другого, третього і четвертого порядків.

Для швидкого оброблення із високою точністю результатів експериментальних досліджень динаміки технологічної точності деревообробних верстатів та отримання регресійних моделей у вигляді поліномів n -го степеня необхідно створювати прикладне програмне забезпечення на ЕОМ.

Розроблення прикладної програми. Методику опрацювання експериментальних даних досліджень динаміки технологічної точності верстата розроблено у вигляді прикладної програми (ДИН-ТОЧН.xls) на ЕОМ, яка забезпечує отримання залежностей зміни розмірного налагодження та поля розсіювання розмірів деталей за певний період роботи верстата як у вигляді рівняння регресії – полінома n -степеня, так і у графічному вигляді.

Програму розроблено у середовищі Excel з дотриманням таких основних принципів як забезпечення універсальності програмної методики, ефективності і завершеності кінцевого результату дослідження та наочності отримання результатів через представлення їх у графічному вигляді.

Програма розміщена на одному листі у середовищі Excel у логічній послідовності всіх етапів дій, а саме:

- ввід вхідних даних (рис. 2);

- обчислення статистичних показників і показників динаміки середнього значення і поля розсіювання (рис. 3);
- отримання рівняння регресії за лінійною та поліноміальною моделями побудови графічних залежностей динаміки середнього значення та поля розсіювання (рис. 4).

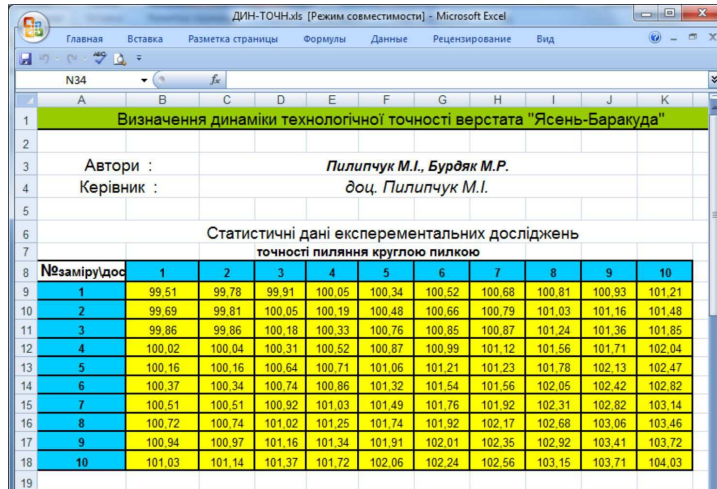


Рис. 2. Фрагмент програми ДИН-ТОЧ.xls: вхідні дані експериментальних досліджень

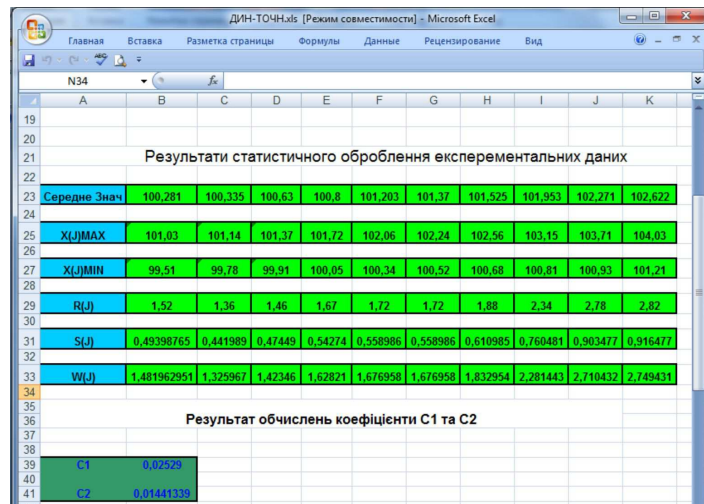


Рис. 3. Фрагмент програми ДИН-ТОЧ.xls: результати статистичного оброблення експериментальних даних

Програма забезпечує виконання розрахунків у автоматичному режимі на всіх етапах програми та автоматичний перерахунок всіх результатів обчислень і графічного їх зображення під час зміни кожного із значень вхідних даних. Таб-

лиця вхідних даних (див. рис. 2) дає змогу обробляти масиви з десяти вибірок, кожна з яких містить по десять замірів (деталей). Усі вибірки вводяться у відповідній послідовності їх отримання під час експериментальних досліджень.

Значення статистичних показників (див. рис. 3) визначається для кожної з вибірок в автоматичному режимі після вводу вхідних даних. Так само отримуються значення основних показників динаміки точності – коефіцієнтів C_1 та C_2 за спрощеною методикою для порівняння результатів дослідження.

Оригінальність програми та методики полягає у можливості отримати залежності динаміки технологічної точності верстата у вигляді поліному n -го степеня (див. рис. 4), який з високою точністю описує цю залежність. Встановлена закономірність дає змогу аналізувати та прогнозувати динаміку точності оброблення деталей на будь-якому верстаті. Окрім цього, знаючи закономірність, можна здійснювати контроль за станом технологічної точності деревообробних верстатів упродовж періоду їх експлуатації.

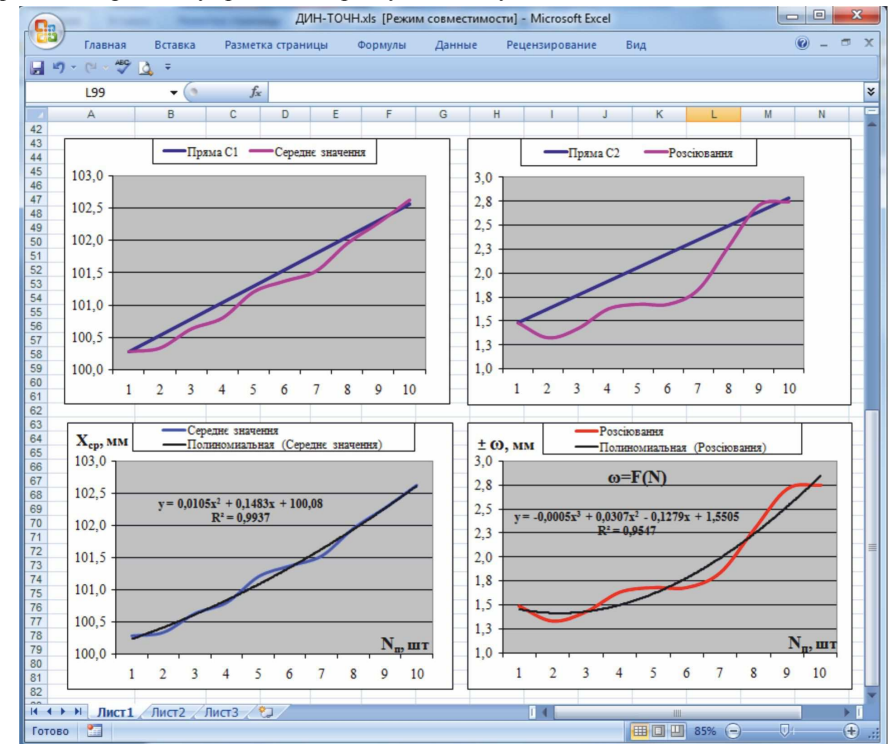


Рис. 4. Фрагмент програми ДИН-ТОЧ.xls: лінійні та поліноміальні залежності динаміки середнього значення та поля розсіювання похибок оброблення деталей

За допомогою розробленої методики виконано дослідження динаміки технологічної точності круглопилкового верстата для ортогонального розпилювання колод упродовж періоду стійкості пилки [9] та отримано адекватні регресійні залежності (див. рис. 4) динаміки середнього значення розмірів $X_{ср}$ і поля

розсіювання ω розмірів виготовлених дощок у вигляді поліномів відповідно другого і третього порядків.

Висновки:

1. На основі аналізу відомих методик дослідження технологічної точності деревообробних верстатів визначено напрямок вдосконалення методики дослідження динаміки технологічної точності деревообробних верстатів шляхом застосування статистично-аналітичного методу та математичного моделювання за допомогою ЕОМ.
2. Для швидкого оброблення із високою точністю результатів експериментальних досліджень розроблено програму ДИН-ТОЧН.xls, яка забезпечує опрацювання статистичних даних та отримання емпіричних залежностей показників динаміки технологічної точності деревообробних верстатів у вигляді полінома n -степеня, а також побудову графічних залежностей.
3. Розроблену методику математичного моделювання динаміки технологічної точності верстатів можна використовувати як для встановлення закономірності динаміки технологічної точності різних видів конструкцій деревообробних верстатів, так і для прогнозування точності оброблення на деревообробних верстатах в умовах виробництва упродовж періоду стійкості інструменту.

Література

1. Пилипчук М.І. Основні напрями розвитку теорії точності механічного оброблення деревини та деревних матеріалів / М.І. Пилипчук // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15.1. – С. 165-170.
2. Манжос Ф.М. Точность механической обработки древесины / Ф.М. Манжос. – М. : Изд-во "Гослесбумиздат", 1959. – 265 с.
3. Амаліцкий В.В. Надежность деревообрабатывающего оборудования : науч. издание / В.В. Амаліцкий. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1974. – 160 с.
4. Комаров Г.А. Точность дереворежущих станков. Размерная настройка : учеб. пособ. / Г.А. Комаров. – М. : Изд-во МЛТИ, 1985. – 56 с.
5. Пилипчук М.І. Повышение точности калибрования-шлифования древесностружечных плит абразивными кругами : дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.06.02 / М.І. Пилипчук. – Львов, 1984. – 206 с.
6. Пилипчук М.І. Дослідження показників точності розпилювання колод на горизонтальному стрічкопилковому верстаті / М.І. Пилипчук, С.П. Степанчук // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2005. – Вип. 15.3. – С. 133-138.
7. Пилипчук М.І. Методика дослідження точності розпилювання колод на круглопилковому верстаті "Ясень-Баракуда" / М.І. Пилипчук, М.Р. Бурдяк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.8. – С. 156-161.
8. Степанчук С.П. Підвищення точності процесу розпилювання деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04 / С.С. Петрович. – Львів, 2012. – 180 с.
9. Бурдяк М.Р. Підвищення технологічної точності круглопилкових верстатів для ортогонального пиляння колод : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04 / М.Р. Бурдяк. – Львів, 2014. – 224 с.

Пилипчук М.І. Методика исследования динамики технологической точности деревообрабатывающих станков

На основе анализа известных методик установлена эффективность использования статистико-аналитического метода и математического моделирования для исследования динамики технологической точности деревообрабатывающих станков в течение определенного периода их работы. Усовершенствована методика математического моделирования динамики технологической точности деревообрабатывающих станков путем

создания прикладной программы на ЭВМ, которая обеспечивает обработку статистических данных экспериментальных исследований и получение регрессионной зависимости динамики технологической точности станка у виде полинома n -й степени, а также построение графических зависимостей.

Ключевые слова: точность, обработка, станок, динамика, программа.

Pylypchuk M.I. Research Methodology for the Dynamics of Technological Accuracy of Woodworking Machines

Based on analysis of known methods, the efficacy of statistical and analytical methods and mathematical modelling to study the dynamics of technological accuracy of woodworking machines within a prescribed period of work is defined. We improved the methods of mathematical modelling of the dynamics of technological accuracy of the machines by creating a computer application which provides data processing of statistical experimental research and the establishment of regressive dependence dynamics of technological accuracy machine in the form of a polynomial of the n -th degree and building graphic dependencies.

Keywords: accuracy, processing, machine, dynamics, program.

УДК 674.647:004.942

Аспір. Ю.В. Прусак¹ – НЛТУ України, м. Львів

ВИЗНАЧЕННЯ ДВОВИМІРНОГО В'ЯЗКОПРУЖНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ У ПРОЦЕСІ СУШІННЯ З УРАХУВАННЯМ ЦИЛІНДРИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ

Розглянуто вплив процесів вологоперенесення на напружений стан деревини з урахуванням циліндричної анізотропії тепломеханічних властивостей. Реалізовано сформульовану математичну модель деформування деревини під час сушіння, яка дає змогу визначити двовимірний напружено-деформівний стан в умовах ізотермічного вологоперенесення. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів сушіння на процеси в'язкопружного деформування і масоперенесення для деревини з урахуванням анізотропії тепломеханічних характеристик. Наведено результати чисельного експерименту та проаналізовано розподіл радіальних і тангентальних напружень у деревині залежно від зміни вологоперенесення.

Ключові слова: математична модель, в'язкопружне деформування, масоперенесення, анізотропія, сушіння деревини.

Актуальність досліджень. Зменшення запасів лісових промислових порід зумовлює розширення сфери застосування і перероблення низькоякісної деревинної сировини, зокрема круглих сортиментів, які отримують у процесі рубок і лісосічних робіт. Тонкомірну деревину круглого перерізу використовують для виготовлення торцевих підставок щитового паркету, втулок для підшипників, деяких столярно-будівельних виробів. Гальмівним фактором використання круглої деревини є ускладнення технологічного процесу сушіння, оскільки анізотропія фізико-механічних властивостей у цьому випадку є значнішою, ніж для пиломатеріалів. Важливою проблемою у цьому аспекті є розрахунок та аналіз напружено-деформівного стану матеріалу, дослідження реологічних властивостей у різних температурно-вологісних умовах.

Аналіз досліджень. Вплив тепломасоперенесення на розвиток напружено-деформівного стану капілярно-пористих матеріалів у процесі сушіння вивче-

¹ Наук. керівник: проф. Я.І. Соколовський, д-р техн. наук