

УДК 378.147.88

Бойко В.С., к.т.н., доц., Тарасенко В.Г., к.т.н., доц.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В НАВЧАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ – ОДИН З НАПРЯМКІВ ТВОРЧОГО РОЗВИТКУ МАЙБУТНЬОГО ФАХІВЦЯ

Анотація. В статті розглянуті аспекти підвищення якості проведення експериментальних досліджень і розширення області отримання знань в межах виконання лабораторних робіт. Запропонована методика обробки експериментальних даних прогресивних методів теоретичних розрахунків.

Ключові слова: експеримент, методика, фахівець, структурна схема, лабораторна робота, звіт, компетенції.

Постановка проблеми. Підготовка фахівців високої кваліфікації – це складний і трудомісткий процес, який вимагає взаємних зусиль як викладача, так і студента. Одним з найважливіших завдань освітньої системи є навчити майбутнього фахівця творчості і навичкам творчої роботи. Коли ми говоримо про творчий підхід до вирішення певних технічних проблем, а це є вищим рівнем підготовки фахівця, ми маємо на увазі абстрактне мислення, яке сформувалося у студента, вміння генерувати нові ідеї, створювати (творити) на базі цих ідей сучасні технології, конструкції машин і апаратів. Так, наприклад, замість теплових методів пастеризації і стерилізації розробити проведення відповідних процесів за допомогою надвисоких тисків (НВТ), використовувати для приготування хлібобулочних або кондитерських виробів процеси об'ємного (3D) формування за допомогою принтера, замінити стандартні фільтруючий елемент "вічним фільтром" на основі мембранної технології тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування цих якостей починається при роботі студентів в навчальних лабораторіях університету, в яких вони можуть самостійно проводити теоретичні та експериментальні дослідження, аналізувати отримані залежності, а результати досліджень в подальшому використовувати при дипломному проектуванні або виконання магістерської роботи [1].

Формулювання цілей статті. Для якісного виконання експерименту потрібно прагнути виконувати наступні умови:

- конструкція експериментальної установки повинна забезпечувати можливість змінювати основні параметри робочих органів в широкому діапазоні, що дасть можливість отримати точніші криві зміни цих параметрів;
- на експериментальних установках конструкції робочих органів повинні бути універсальні і забезпечити проведення експерименту з різними видами

продуктів або сировини (наприклад, на дробильній установці подрібнити різні культури – пшеницю, горох, кукурудзу тощо; на механічній мішалці, перемішувати рідини з різними в'язкостями). Лабораторна робота має бути багатоваріантна і забезпечила б індивідуальне завантаження кожного студента, виключаючи повторення і переписування;

- експериментальні дослідження певних параметрів продукту повинні бути забезпечені тензометричними установками, комп'ютерною технікою, для застосовуваних приладів розроблена методика їхнього тарування;

- для проведення експерименту розроблено теоретичне обґрунтування досліджуваного процесу або параметра, за формулами і рівняннями якого буде проводитися обробка результатів дослідів і побудова графіків залежностей;

- кінцевим результатом експериментальних досліджень повинні бути певні технологічні параметри досліджуваного матеріалу або експлуатаційні режими обробки, які можуть стати основою для конструювання або модернізації промислової переробної машини або апарату.

Виклад основного матеріалу досліджень. При виконанні лабораторної роботи студент чітко повинен розуміти поставлену перед ним мету проведення експерименту, методику її виконання і який кінцевий результат він повинен отримати. Тому, якщо вже ми розглядаємо творчий підхід, в даному випадку – виконання лабораторної роботи бажано перед початком дослідження розробити структурну схему проведення експерименту яка наочно продемонструє алгоритм проведення дослідження та отримання необхідних параметрів процесу, тоді як в методичних посібниках методика представлена, як правило, у вигляді переліку операцій, які послідовно повинен виконати студент, не завжди уявляючи всієї картини досліджень.

В якості прикладу складемо робочу схему методики проведення експерименту для лабораторної роботи [1] "Вивчення теплових параметрів процесу виробництва пончиків на апараті АП-3М" (рис. 1).

Аналіз виконаного експерименту за даною методикою дозволить визначити, в якій мірі відповідає тепловий баланс даного процесу, тобто кількість теплоти, яка виділена електронагрівачами, має бути рівною загальним витратам теплоти на виробництво пончиків; яка кількість теплоти витрачається на виробництво одного або партії пончиків, на кілограм виробів; яка продуктивність апарату по сировині (в даному випадку по тісту) і по готовій продукції тощо. Отримані результати експерименту можуть бути використані для модернізації, покращення конструкції або розробки нової моделі апарата.

Велике значення має математичне оформлення проведеного експерименту. Від того, наскільки будуть збігатися значення параметрів, отриманих експериментальним шляхом і за допомогою теоретичних розрахунків, залежить достовірність дослідів. Теоретичне обґрунтування експерименту залежить від характеристики процесу, який розглядається (механічний, тепловий, масообмінний тощо), використовуваної технології, конструкції машини.

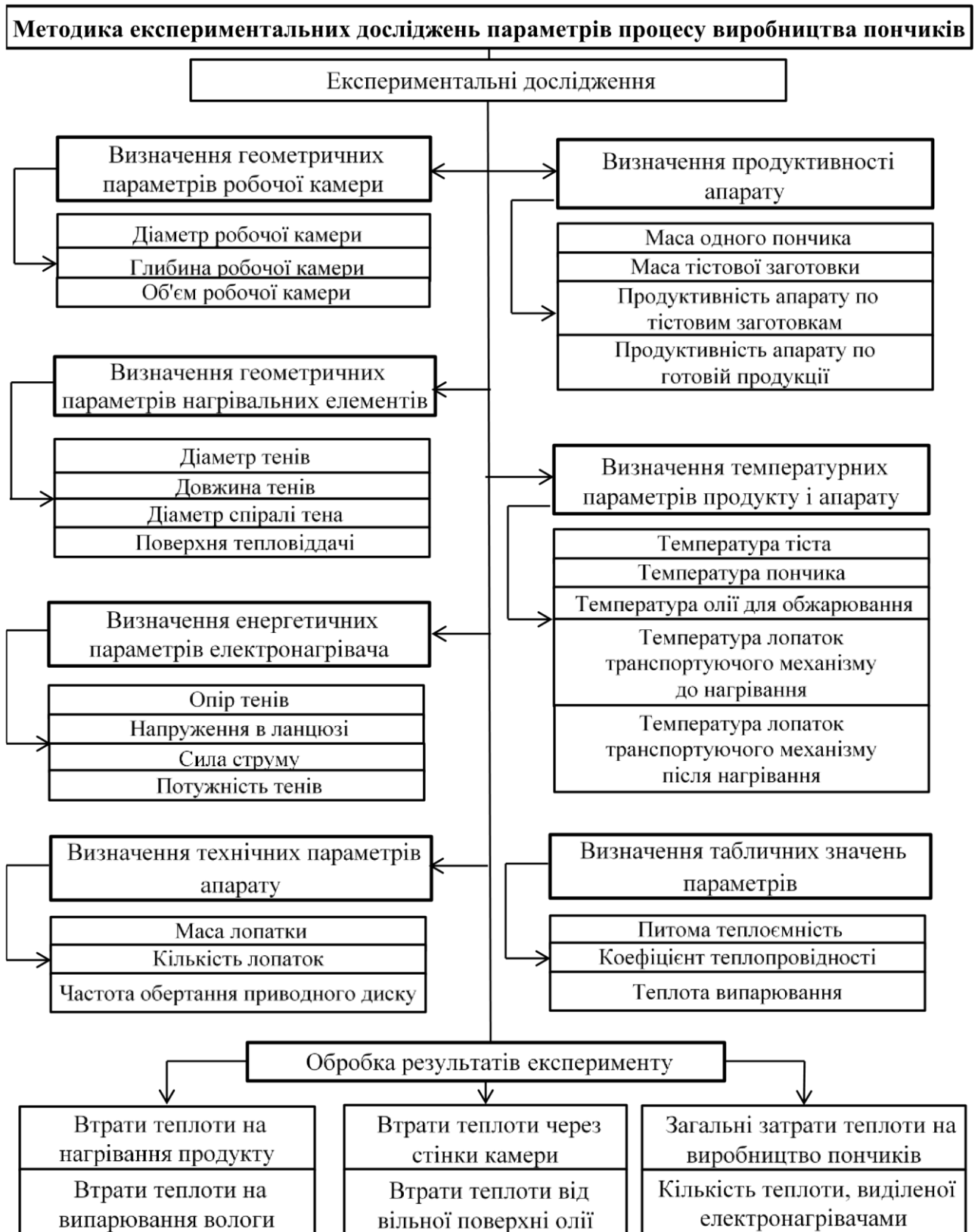


Рис. 1. Структурна схема методики експериментальних досліджень

Так, наприклад, для розрахунку теплового процесу при виробництві пончиків складають систему рівнянь.

$$Q_1 = G \cdot c(t_{\text{п}} - t_m); \quad (1)$$

$$Q_2 = 0,01 \cdot G \cdot x_n \cdot r; \quad (3)$$

$$Q_3 = \frac{\lambda}{\delta} \cdot S_k(t_{\text{п}} - t_m);$$

$$Q_4 = G \cdot M \cdot c_m(t'_{\text{TC}} - t''_{\text{TC}});$$

$$Q_5 = C_0 \cdot E \cdot S_{\text{изл}} \cdot 0,01 T_0.$$

Підставляючи в дані рівняння невідомі параметри, визначені експериментальним шляхом і знайдені за довідковими таблицями, студент може визначити всі необхідні йому величини.

Зовсім інший підхід при розрахунку процесу перемішування механічною мішалкою [2]. Представивши циркуляцію рідини в змішувачі як рух по замкнутому трубопроводу складної форми, для розрахунку було використано критеріальне рівняння, яке пов'язує фізичні характеристики руху рідини:

$$E_u = f(R_e, F_r, \Gamma_1, \Gamma_2); \quad (6)$$

$$\frac{P}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} = f\left(\frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu}\right); \quad (7)$$

$$E_u = A \cdot R_e^m. \quad (8)$$

На підставі експериментальних даних в логарифмічних координатах будується графік залежності $\lg E_u = f(\lg R_e)$, за яким визначаються постійні критеріального рівняння (8) A і m .

Це критеріальне рівняння зі знайденими значеннями A і m можна використовувати для визначення витрат енергії при перемішуванні рідин з будь-якою в'язкістю змішувачем, який геометрично подібний експериментальній мішалці.

Заслуговує на певну увагу і математична обробка експериментальних даних при дослідженні процесу простої перегонки бінарних сумішей [3].

Матеріальний баланс процесу перегонки за легколетким компонентом інтегрується, в результаті чого отримаємо інтегральне рівняння, яке вирішується графічним способом.

$$W \cdot x = (W - dW)(x - dx) + dW \cdot x; \quad (9)$$

$$\frac{dW}{W} = \frac{dx}{y-x} \quad (10)$$

$$\int_{W_k}^{W_n} \frac{dW}{W} = x \int_{x_k}^{x_n} \frac{dx}{y-x}, \quad \text{або} \quad \int_{x_k}^{x_n} \frac{dx}{y-x} = \ln \frac{W_n}{W_k} = A \quad (11)$$

Знаючи значення інтеграла A , яке на графіку представляє собою площу під кривою рівноваги [4], помножене на масштаб кожної з осей, можна легко визначити кубовий залишок, його концентрацію, кількість отриманого дистилляту і його склад.

Таким чином, навіть за невеликою кількістю наведених в даній статті прикладів теоретичної обробки експериментальних даних, видно що для

виконання лабораторної роботи студент повинен вміти користуватися технічною літературою, довідковими даними і математичним апаратом, який, як показує практика, дуже різноманітний і вимагає від студента гарної теоретичної підготовки.

За час проведення лабораторної роботи спостерігається найтриваліший безпосередній контакт викладача і студента. Викладач має можливість в особистій бесіді зі студентом визначити ступінь його підготовки, надати додаткову інформацію, розібрати проблемні питання, які виникли, вказати на прогалини в знаннях тієї чи іншої дисципліни. В світовій практиці такий метод навчання визнаний найбільш ефективним.

При цьому важливу роль в питаннях навчання відіграє також підготовка звіту про проведення лабораторної роботи. Однак з інформаційної точки зору він обмежений тільки питаннями, пов'язаними з проведенням експерименту, заповненням таблиць і розрахунком параметрів. Для підвищення рівня проведення лабораторної роботи слід додати до методики виконання наступних пунктів: закріплення знань за темою, що вивчається, якій відповідає лабораторна робота, виконувана студентом при самостійній підготовці за технічною літературою, розробка технологічної або комбінованої схеми машини, апарату або установки, на яких виконуються експериментальні дослідження.

Причому виконання першого пункту не передбачає, повторне конспектування пройденого матеріалу і занесення до звіту. Студент повинен самостійно виділити основні положення досліджуваної теми в коротких і чітких формулюваннях. Більш глибокі знання від він набуває при підготовці до відповідей на контрольні питання [1, 2, 3].

В якості прикладу наведемо основні положення теми "Способи передачі теплоти та їх основні закономірності".

1. Технологічні процеси, основою яких є передача теплоти під впливом різниці температур, називаються **теповими**. Розрізняють три принципово різних способи поширення теплоти: теплопровідність, конвекція і теплове випромінювання. Поширення теплоти одночасно декількома способами називається **складним теплообміном**.

2. Перенесення теплоти теплопровідністю від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих здійснюється в результаті руху і взаємодії молекул, атомів, електронів. Даний процес підпорядковується основному закону теплопровідності Фур'є: "кількість теплоти Q , передана теплопровідністю через поверхню F , перпендикулярну тепловому потоку, за час τ , прямо пропорційна коефіцієнту теплопровідності λ , площі F , часу τ і різниці температур стінки ($t_{ct1} - t_{ct2}$) і обернено пропорційна товщині стінки δ ".

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} (t_{ct1} - t_{ct2}) F \cdot \tau. \quad (12)$$

Відношення λ/δ називається **тепловою провідністю**; $(\delta/\lambda) = R_\lambda$ – термічним опором стінки.

3. Спосіб перенесення теплоти шляхом переміщення деяких обсягів рідини або газів від більш нагрітої області простору до менш нагрітої називається

конвекцією. Спільний процес конвекції і теплопровідності називають **конвективним теплообміном.** Основною характеристикою конвективного теплообміну є **тепловіддача** – процес теплообміну між твердим тілом (стілкою апарата) і рідиною або газом, які контактують зі стінкою.

Процес конвективного теплообміну характеризується основним законом тепловіддачі Ньютона – Ріхмана: "Кількість теплоти Q , переданої від поверхні теплообміну до потоку рідини (газу) прямо пропорційно коефіцієнту тепловіддачі a , площі теплообміну F , різниці температур поверхні стінки t_{cm} та ядра потоку t_f і тривалості процесу τ .

$$Q = a(t_{cm} - t_f)F \cdot \tau$$

Коефіцієнт тепловіддачі a показує, яка кількість теплоти передається від поверхні стінки в 1 м^2 потоку рідини, яка його обминає, за одиницю часу 1 годину, при різниці температур в 1 С° .

4. Будь-які тіла при будь-якій температурі випромінюють кванти енергії. Теплове випромінювання (теплова радіація) – це процес перенесення енергії шляхом електромагнітних коливань хвиль від випромінюваного тіла до тіл, розташованих в навколишньому просторі.

Промениста енергія в однорідному середовищі поширюється прямолінійно. Потік променів, потрапляючи на поверхню тіла частково поглинається, частково відбивається і частково проходить крізь тіло. Відповідно, при повному поглинанні променів тіло називається абсолютно чорним, при повному відбитті – абсолютно білим, і при повному проходженні променів через тіло – абсолютно прозорим.

Закон Стефана-Больцмана встановлює залежність між випромінювальною здатністю тіла E , кількістю енергії Q і площею поверхні тіла F : "повна кількість енергії Q випромінювана за одиницю часу одиницею площі поверхні тіла F називаються *випромінювальною здатністю* даного тіла". $E = Q/F \cdot \tau$

5. При розрахунках теплових потоків необхідно враховувати мінливість різниці температур теплоносіїв за площею теплопередачі. Для цього розрахунок будують або поелементно, вважаючи різницю температур для кожного елемента постійною, або осереднюють її. Технологічні розрахунки теплообміну зводяться до рішення рівнянь балансу маси і енергії. Фізичний зміст цих балансів – рівність сум масових (енергетичних) потоків, які надходять в апарат і виходять з нього. Обсяг основних положень може бути збільшений або зменшений в залежності від заданого матеріалу викладачем або від творчих можливостей студента. Основні вимоги, які будуть пред'являтися до майбутнього фахівця – це вміння користуватися технічною літературою і документацією, вміння читати креслення і виконувати ескізи необхідних деталей і розробляти технологічні, кінематичні і комбіновані схеми машин і апаратів. Будь-якому фахівцю, які мають відповідну схему, легко розібратися в принципі роботи машини, технологічному потоці сировини і виході готової продукції, пристрої і основних налаштуваннях і регулюваннях і, що найважливіше, в зміні режимів роботи. Вже на стадії виконання лабораторних робіт студенти повинні навчитися розробляти принципи і технологічні схеми переробних машин, вміти їх читати і на основі

приведених на схемах параметрів здійснювати необхідні технологічні кінематичні і конструктивні розрахунки.

Висновки.

1. Підвищення якості проведення експериментальних досліджень і розширення області отримання знань в межах виконання лабораторних робіт може здійснюватися за рахунок покращення матеріальної бази лабораторії, коректуванні методики проведення експерименту з обов'язковою розробкою структурної схеми виконання експериментальних досліджень.

2. Впровадження до методики обробки експериментальних даних прогресивних методів теоретичних розрахунків, таких як розрахунок за допомогою системи рівнянь, математичної моделі процесу, критеріальних і диференціальних рівнянь допоможе студентам закріпити свої знання в області точних наук, ефективно використовувати математичний апарат і гармонічно розвивати свої творчі і розумові компетенції.

3. У звіті повинна бути стисла характеристика теми, яка вивчається, розроблена структурна схема методики проведення експерименту, заготовлені таблиці для занесення експериментальних параметрів і виконана технологічна схема експериментальної установки з описом її роботи. **Список використаних джерел.**

1. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум : навчальний посібник / І. Ф. Малежик, В. Р. Кулінченко, О. П. Ніколаєв, П. С. Циганков. К. : ІЗМН, 1997. 276 с.

2. Лабораторний практикум з дисципліни „Процеси і апарати“. Навчальний посібник. / В.Ф. Ялпачик, Ф.Ю. Ялпачик, В.С. Бойко, С.Ф. Буденко, О.І. Сухаренко, В.О. Верхоланцева, В.Г. Циб. - Мелітополь. Видавничополіграфічний центр „Люкс“. 2017. 278 с.

3. Методичні рекомендації до лабораторної роботи "Вивчення теплових параметрів виробництва пончиків на апараті АП-3М" / В.С. Бойко, В.Г. Тарасенко, Мелітополь, ТДАТУ. 2019. 16с.

4. Методичні рекомендації до лабораторної роботи "Дослідження процесу перемішування рідкого середовища" механічною лопатевою мішалкою"/ В.С. Бойко, В.Г. Тарасенко, Мелітополь, ТДАТУ. 2019. 16с.

5. Методичні рекомендації до лабораторної роботи "Дослідження процесу простої перегонки бінарних сумішей" механічною лопатевою мішалкою"/ В.С. Бойко, В.Г. Тарасенко, Мелітополь, ТДАТУ. 2019. 16с.

Boiko V.S., Tarasenko V.G. Experimental researches in the educational laboratory - one of the directions of creative development of the future specialist

Summary. The aspects of improving the quality of experimental research and expanding the field of knowledge in the framework of laboratory work are considered in this article. A technique for processing experimental data of progressive methods of theoretical calculation is proposed.

Key words: experiment, technique, specialist, block diagram, laboratory work, report, competences