

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОВАРІВ

УДК 621.78:641.1

ШАПОВАЛ Світлана,

к. т. н., доцент, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін,
проректор з науково-педагогічної роботи Київського національного
торговельно-економічного університету

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РЕОЛОГІЧНИХ І ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Проаналізовано специфікації цифрового обладнання для вимірювання та моніторингу фізичних параметрів із можливістю підключення датчиків сторонніх виробників. Обґрунтовано вибір вимірювальної платформи вітчизняного виробництва. Наведено схему розробки цифрового багатофункціонального вимірювального комплексу й етапи його виробництва. Описано конструкцію та принципи роботи вимірювального комплексу. Наведено інтерфейс робочого столу та приклад проведення дослідження фізичних властивостей філе курки на розробленому вимірювальному комплексі MIG-1.4.

Ключові слова: вимірювальний комплекс, вимірювально-реєструвальні прилади, автоматизовані вимірювання, цифрові датчики, 3D-друк, структурно-механічні властивості, філе курки.

Шаповал С. Измерительный комплекс для диагностики реологических и теплофизических свойств пищевых продуктов. Проведен анализ спецификаций цифрового оборудования для измерения и мониторинга физических параметров с возможностью подключения датчиков сторонних производителей. Обоснован выбор измерительной платформы отечественного производства. Представлена схема разработки цифрового многофункционального измерительного комплекса и этапы его производства. Описаны конструкции и принципы работы измерительного комплекса. Представлен интерфейс рабочего стола и пример проведения исследования физических свойств филе курицы на разработанном измерительном комплексе MIG-1.4.

Ключевые слова: измерительный комплекс, измерительно-регистрающие приборы, автоматизированные измерения, цифровые датчики, 3D-печать, структурно-механические свойства, филе курицы.

Постановка проблеми. На сьогодні досліднику недостатньо лише виміряти певний параметр або властивість зразка, потрібно зафіксувати зміну досліджуваного параметра в часі та сформуванню доказову базу. Для автоматичної фіксації динаміки таких параметрів використовуються реєструвальні-вимірювальні пристрої в комплекті з відповідними датчиками. Останні можуть бути від виробника обладнання або сумісними – від сторонніх виробників, що значно розширює сферу застосування засобів вимірювання.

На вітчизняному ринку цифрового реєструвальні-вимірювальні обладнання для лабораторій і навчальних закладів з можливістю підключення сторонніх вимірювальних датчиків є три основні виробники: *National Instruments (NI)*, *Phywe* та ТОВ "ІТМ".

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Американська компанія *National Instruments* постачає професійне та обладнання для більшості вимірювальних процесів різних рівнів складності [1]. Проте суттєвим недоліком його є висока вартість і потреба знань у роботі з інструментами графічного програмування. Апаратне й програмне забезпечення компанії *NI* призначене переважно для досліджень у сфері електроніки та інженерії [2] і його складно адаптувати до досліджень продуктів харчування.

Приміром, продукт *VirtualBench (рис. 1)*, що містить комплекс вбудованих електротехнічних приладів, уможлиблює підключення лише тензометричних динамометрів [3], що значно звужує їх застосування при дослідженні структури харчових продуктів.

Окремим класом вимірювального обладнання є пристрої, оснащені власним процесором. До прикладу, інтегровані контролери *CompactDAQ National Instruments* містять власний багатоядерний процесор із модульною системою введення/виводу даних, уможлиблюють управління вимірюваннями з комп'ютера оператора через загальноприйняті мережеві інтерфейси (*Ethernet, Wi-Fi*) або через *USB (рис. 2)*.

Проте *CompactDAQ* мають можливості підключення периферійних датчиків лише через створений *NI* інтерфейс *Compact* (див. *рис. 2 б*), що підвищує точність і надійність роботи вимірювального блоку, але значно ускладнює та здорожує розробку датчиків сторонніми виробниками [4].

Німецька компанія *Phywe* пропонує вимірювальні прилади *Cobra 3* та *Cobra 4 (рис. 3)*. Цифрова лабораторія *Cobra* призначена для проведення вимірювання, контролю та регулювання фізичних і хімічних процесів [5], що дає змогу простіше адаптувати її до досліджень якості харчових продуктів.

Компанія *Phywe* також виготовляє мобільні блоки з акумуляторами з можливістю автономної фіксації показників на *SD*-карту (без використання ПК) – приміром, популярний у природничих лабораторіях шкіл країн ЄС [6] *Cobra 4 Mobile-Link*. Останній призначено для визначення фізичних і хімічних параметрів різних середовищ, і його використання в дослідженні харчових продуктів є оптимальним варіантом. Але можливість підключення лише одного датчика та запатентований інтерфейс звужують застосування приладу до одночасної фіксації лише одного показника, з чим успішно справляються промислові лабораторні прилади.



Рис. 1. Апаратна частина обладнання *VirtualBench* компанії *NI* (комплектація для ПК на операційних системах (ОС) серії *Windows* (а) та для роботи з пристроями на платформах *iOS* та *Android* (б))



Рис. 2. Вимірювальна платформа *CompactDAQ* компанії *NI* з варіантами підключення через *USB* (а) та через *Ethernet* з підключеними вимірювальними блоками (б)



Рис. 3. Багатофункціональні вимірювальні комплекси компанії *Phywe*

Окремі лінійки приладів *Phuwe* (набори для експериментів *TESS*) спеціально виготовлено як конструктор для адаптації під конкретні цілі наукових експериментів [7]. Проте працюють вимірювальні прилади *Phuwe* напряму лише з оригінальними датчиками, і компанія не викладає у вільному доступі власних протоколів передачі даних. Опосередкована робота, приміром, при дослідженні структури методом пенетрації означатиме, що на дисплей ПК відображається графік зміни опору датчика за часом, який треба перевести в силу через градувальну шкалу, що уможливило легко маніпулювати результатами експерименту.

Оскільки науковці все частіше хочуть отримати не лише результати експерименту, а й доказову базу, то від продуктів компанії *Phuwe* вирішено відмовитися.

Над дослідженнями реологічних властивостей харчових продуктів працюють науковці з Національного університету харчових технологій (Україна). Зокрема, виготовлено стенд для проведення експериментів із можливістю фіксації результатів і створення математичних моделей структурно-механічних властивостей харчових продуктів і опакowania, приміром межі міцності об'єктів [8]. Це обладнання дає змогу вимірювати міцність лише методом пенетрації або різання, що актуально при моделюванні технологічного процесу на харчових виробництвах, проте недостатньо для визначення параметрів якості продуктів. Розроблений стенд є лабораторним обладнанням без можливості використання його у виробничих умовах.

Вітчизняна компанія ТОВ "ІТМ" (м. Харків) понад десять років виробляє вимірювальне обладнання для демонстрації та проведення експериментів. Універсальний вимірювальний прилад ІТМ (УВКП) є спеціальною системою для комп'ютеризації фізичного та хімічного експерименту й складається з електронного блока, набору датчиків і програмного забезпечення. Спеціальна вкладка "Відео" програми "Лабораторія ІТМ 2.5" уможливило фіксувати не лише вимірювальні параметри, а й процес проведення експерименту на вебкамеру [9].

Головною перевагою УВКП є доступність протоколів передачі даних, що дає змогу стороннім виробникам створювати не лише власні датчики, а й вимірювальні системи на компонентах ІТМ за домовленістю з виробником. Основним недоліком УВКП є відсутність підтримки популярної та швидкої ОС *Android*. Робота УВКП лише в ресурсоємкій ОС *Windows* ставить відповідні вимоги до апаратної частини ПК і збільшує вартість комплексу. Проте, за результатами опитування фахівців у сферах товарознавства та кулінарії, встановлено, що збільшення вартості вимірювального комплексу на 1.5–2.0 тис. грн повністю компенсується повноцінним доступом до функцій друку та загальноприйнятими офісними програмами [10].

Отже, незважаючи на невеликі недоліки, вирішено віддати перевагу вітчизняній вимірювальній платформі УВКП ІТМ та ПК під управлінням ОС *Windows 10*.

Мета роботи – теоретичне обґрунтування, розробка, виготовлення апаратної та програмної складової багатофункціонального вимірювального комплексу, адаптованого для досліджень фізичних властивостей харчових продуктів.

Матеріали та методи. Розробка, проектування конструкцій, налаштування приладу та написання програмного забезпечення відбувалося в лабораторіях кафедр інженерно-технічних дисциплін і кібернетики та системного аналізу Київського національного торговельно-економічного університету (КНТЕУ). Оскільки університет не має власної виробничої бази, то прилади серії *MIG* і датчики до них виготовлено в ТОВ "ІТМ" і ТОВ "Смарт 3Дпрінт" (м. Київ).

Для виготовлення вимірювального комплексу *MIG-1.4* використано системний блок *Pipo Electronics* (Китай) і вимірювальну *UDG-12s* – ТОВ "ІТМ".

Датчики відкалібровано відповідним чином: пенетрометр – до значень динамометра *PD-3N* (ТОВ "ІТМ"); рН-метр – до кислотності контрольних розчинів по рН-метру *Milwaukee MW102*; датчик температури – по електронному термометру *KI&BNT WT-2*.

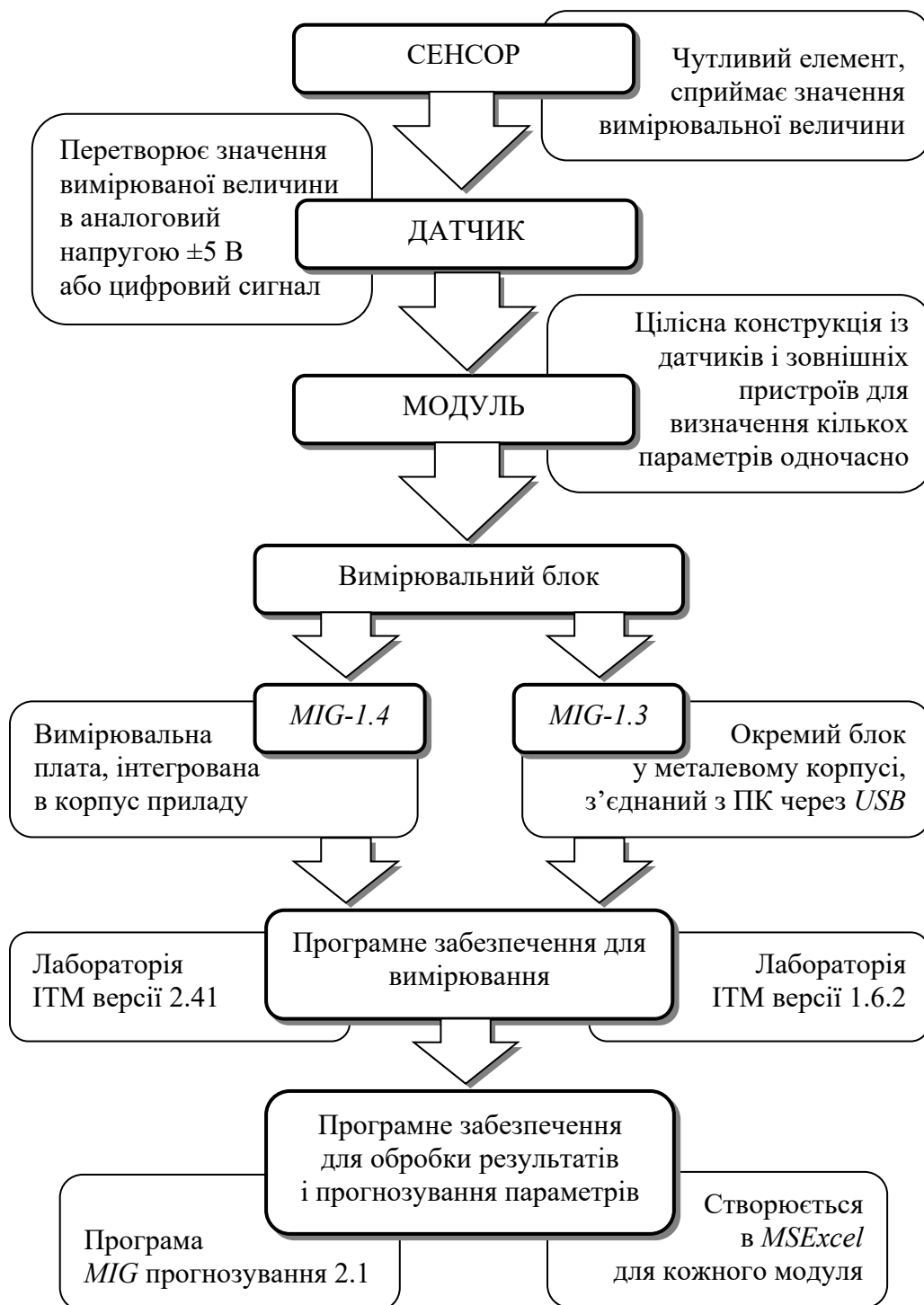
Проект корпусу приладу й окремих елементів його конструкції створено за допомогою програми *AutoCAD-2017* й надруковано на екструзійному 3D-принтері (*FlashForge 3D printer*) термопластичними смолами на основі акрилонітрила з бутадієном і стиролом (*ABS*).

Результати досліджень. На кафедрі інженерно-технічних дисциплін КНТЕУ протягом семи років створено та виготовлено серію приладів *MIG*. Основою цих приладів були компоненти "Універсального вимірювального приладу ІТМ".

За конструкцією вимірювальні прилади серії *MIG* – це сукупність первинних і проміжних перетворювачів, схему взаємодії яких наведено на *рис. 4*.

Прилад *MIG-1.2* конструктивно виготовлено під замовлення блоком УВКП ІТМ з 16-розрядним аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП). Він має живлення від мережі 220 В, підключається до ПК через інтерфейс *USB* і, відповідно, має низьку мобільність. Головним недоліком *MIG-1.2* є збої в роботі навіть через незначні перепади напруги в мережі, що потребує використання стабілізатора й ще більше знижує мобільність. Головна перевага приладу – можливість фіксації показників датчиків у широкому діапазоні – до 65 535 одиниць АЦП [11]. Отже, сферою застосування *MIG-1.2* є моніторинг процесів середньої тривалості на стаціонарному обладнанні (приміром, динаміка сушіння).

Прилад *MIG-1.3* виготовлено на основі значно стабільнішого 12-розрядного АЦП і на основі вимірювальної плати ТОВ "ІТМ". Живлення через інтерфейс *USB-2.0* уможливує використовувати його під час тестування продуктів у лабораторіях і на виробництві [12].

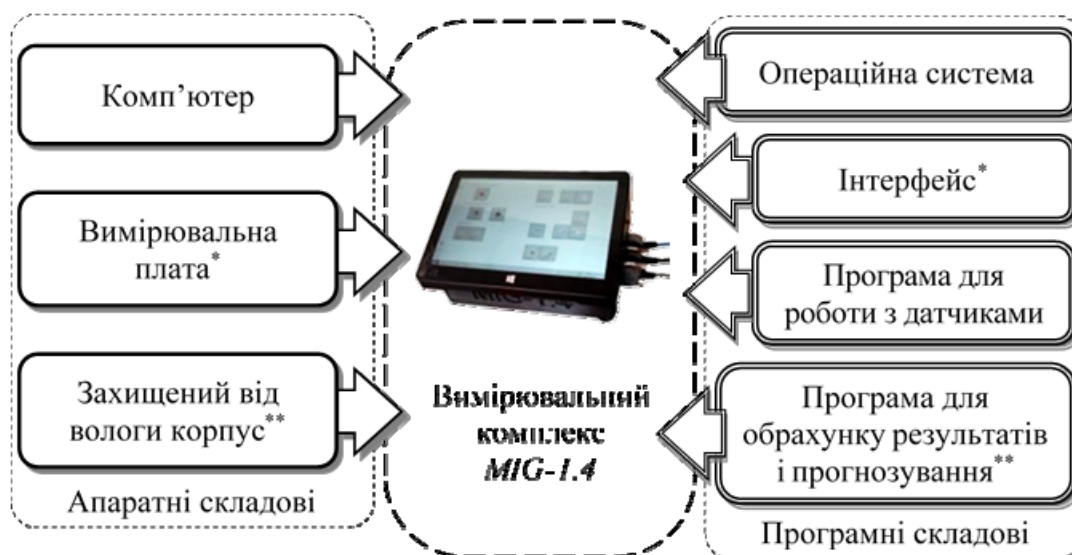
Рис. 4. Схема взаємодії перетворювачів у приладах серії *MIG*

Проте при тестуванні у виробничих умовах виявлено низку недоліків, зокрема: необхідність використання комп'ютера, що тягне за собою зниження мобільності, вірогідність забруднення маніпуляторів або попадання вологи в елементи ПК через наявність рідини на робочих місцях; велика кількість дротів, що ускладнює використання

та перенесення *MIG-1.3*; потреба у формуванні розрахункових таблиць для дослідження нових продуктів. Усі ці недоліки суттєво ускладнюють використання *MIG-1.3* у виробничих умовах, але в лабораторіях і навчальному процесі *MIG-1.3* неодноразово показував свою ефективність [13].

Багатофункціональний вимірювальний комплекс *MIG-1.4* виготовлено за концепцією "все в одному" та виконано в моноблоковому корпусі, де розташовано: комп'ютер *PipoElektronics* на платформі *IntelCherryTrail* із 4 GB оперативної пам'яті та *SSD* диском на 64 GB; захищений від вологи сенсорний 9.6" екран; вимірювальна плата ТОВ "ІТМ". Працює *MIG-1.4* під управлінням ОС *Windows 10* із адаптованим до вимірювання у виробничих умовах інтерфейсом.

Багатофункціональний вимірювальний комплекс *MIG-1.4* створено за схемою (рис. 5).



* компонент модифіковано; ** компонент розроблено.

Рис. 5. Схема виготовлення багатофункціонального вимірювального комплексу *MIG-1.4*

Живиться *MIG-1.4* напругою 5 В і силою струму 2.5–3 А залежно від навантаження чіпів. Досить велика сила струму не дає змоги подавати його від більшості портативних накопичувачів електроенергії, які видають лише до 2 А, без суттєвого падіння напруги. В майбутньому планується зібрати власну акумуляторну батарею на елементах типу 18650 ємністю приблизно 15 А · год, для чого в корпусі передбачено відповідне відділення.

Окрім двох входів *USB 3.0*, *MIG-1.4* оснащено чотирма аналогово-цифровими паралельними входами *DB-16* для підключення датчиків. Виходи мають власну лінію живлення напругою 5 В і струмом до 1 А (рис. 6).

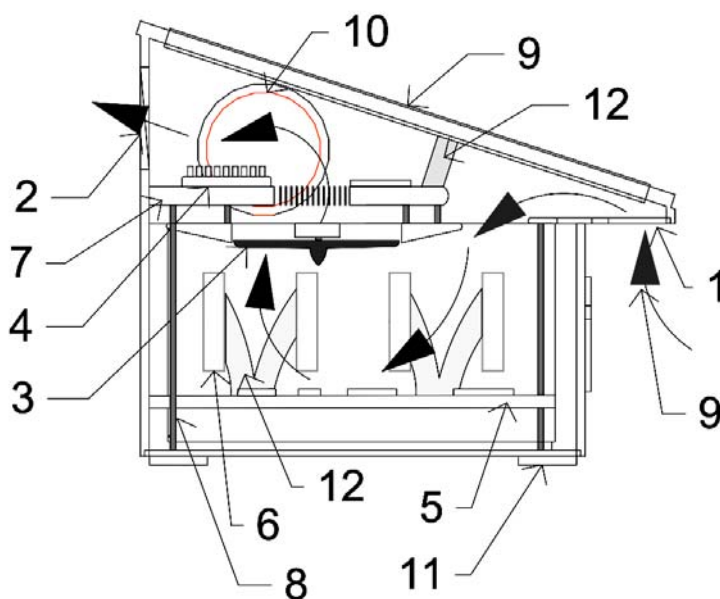


Рис. 6. Будава багатфункціонального вимірювального комплексу *MIG-1.4*: 1, 2 – вхідний і вихідний вентиляційні отвори; 3 – вентилятор; 4 – чіпсет *Intel CherryTrail* із радіатором; 5 – вимірювальна плата ІТМ; 6 – інтерфейси *DB-16* для підключення датчиків; 7 – плата *Pipo Electronics*; 8 – елементи кріплення корпусу; 9 – сенсорний екран; 10 – динамік; 11 – гумові ніжки; 12 – шлейфи

При виготовленні приладу використано новітні технології – тривимірне моделювання та 3D-друк, що уможливило зробити захищений від попадання вологи корпус з наявністю достатньої кількості отворів для вентиляції.

Для створення тривимірної моделі приладу використано систему автоматизованого проектування *AutoCAD-2017*. Аксонометрію зовнішнього вигляду БФВП *MIG-1.4* наведено на рис. 7.

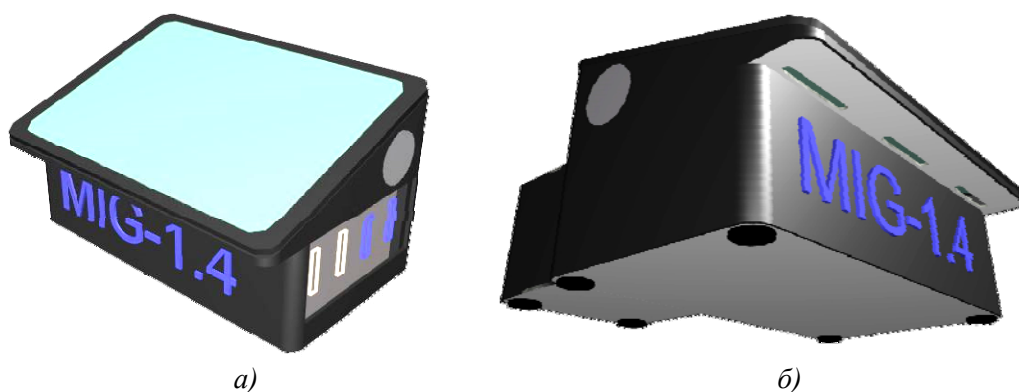
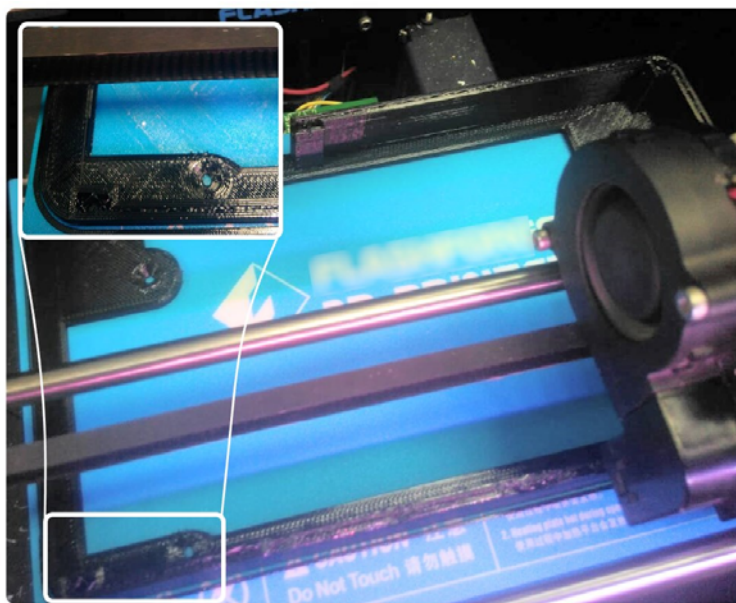


Рис. 7. Тривимірна модель корпусу комплексу *MIG-1.4*:
а) лицьова частина, екран та інтерфейси для підключення датчиків;
б) отвори для вентиляції, ніжки та акумуляторний блок

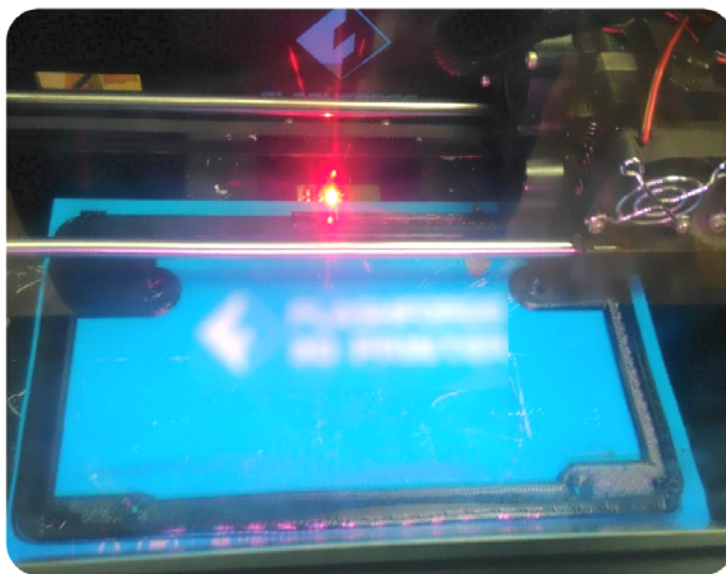
Корпус складається з двох частин – нижньої та верхньої, кожна з яких виготовлено окремо, а потім з'єднано гвинтами. Блок для під'єднання акумуляторів виготовлено окремо й встановлено на перспективу.

Вимірювальний комплекс має вбудований модуль *Wi-Fi* й може підключатися до провідних і безпроводних принтерів стандартними засобами *Windows*. Для виводу зображення на зовнішній монітор передбачено вихід *HDMI*.

Для 3D-друку елементів конструкції корпусу *MIG-1.4* використано екструзійний 3D-принтер (*FlashForge 3Dprinter*). Фотографії етапів процесу 3D-друку наведено на *рис. 8*.



а)



б)

Рис. 8. Процес 3D-друку корпусу *MIG-1.4*:
а) формування несучих конструкцій корпусу; б) надбудова стінок

Несучі елементи конструкції корпусу надруковано підвищеної товщини (3–5 мм), стінки корпусу – 2 мм максимальним шаром ABS пластмаси 0.5 мм для використаної марки 3D-принтера (рис. 5 б). Останнє забезпечило ребристу неслизьку поверхню приладу та водонепроникність нижньої частини конструкції.

Фотографію приладу *MIG-1.4* та його стартового інтерфейсу наведено на рис. 9.

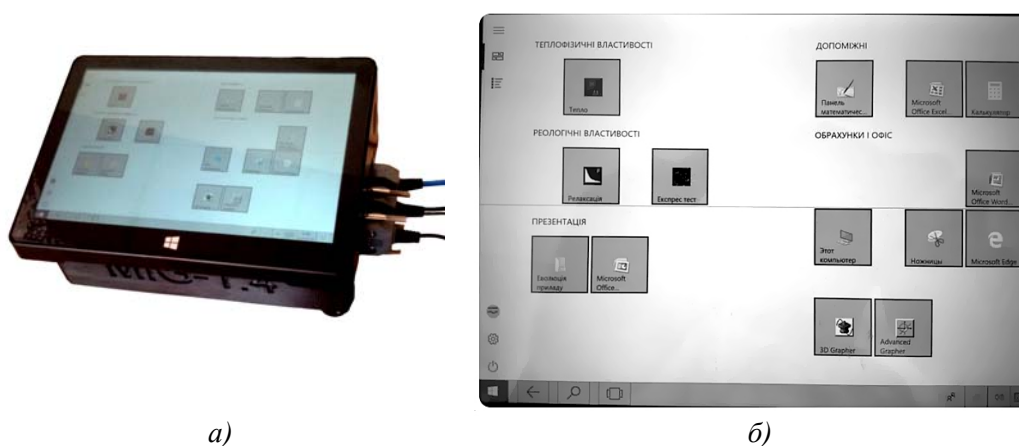


Рис. 9. Багатофункціональний вимірювальний комплекс *MIG-1.4*:
а) зовнішній вигляд; б) інтерфейс робочого столу

Стандартний інтерфейс *Windows 10* для сенсорних екранів модифіковано із урахуванням особливостей процесу вимірювання (див. рис. 9 б).

Оскільки процес комплектування вимірювального комплексу ще не закінчено й лише після виготовлення нового модуля відбувається налаштування програм "Лабораторія ІТМ" й "*MIG*-прогнозування 1.21" і додавання ярлика на робочий стіл, саме тому у вкладках "Теплофізичні властивості" та "Реологічні властивості" залишено вільні місця.

Процес вимірювання відбувається в безкоштовній програмі "Лабораторія ІТМ", після закінчення вимірювання дані експортуються до текстового файлу й автоматично обробляються програмою "*MIG*-прогнозування 1.21" спільної розробки науковців кафедр інженерно-технічних дисциплін і кібернетики та системного аналізу КНТЕУ. Приклад вимірювання структурно-механічних властивостей, температури та кислотності філе курки на *MIG-1.4* наведено на рис. 10.

Налаштування "Лабораторія ІТМ" дають змогу на кожен окремий вхід вмикати функцію "демпінгування", яка апаратно прибирає значні коливання показників датчиків і налаштовувати її рівень від 1 до 8. Робота термодатчика з увімкненим демпінгуванням представлена на рівні 4 (див. рис. 10, 2).

Використання функції демпінгування не завжди потрібне, прирімом, коли треба зафіксувати миттєве значення сили в момент прориву тканин м'яса (див. рис. 10, 1). Саме тому ця функція налаштовується на кожен датчик окремо, а калібрування датчиків і керування демпінгуванням відбувається один раз при налаштуванні роботи нового модуля.

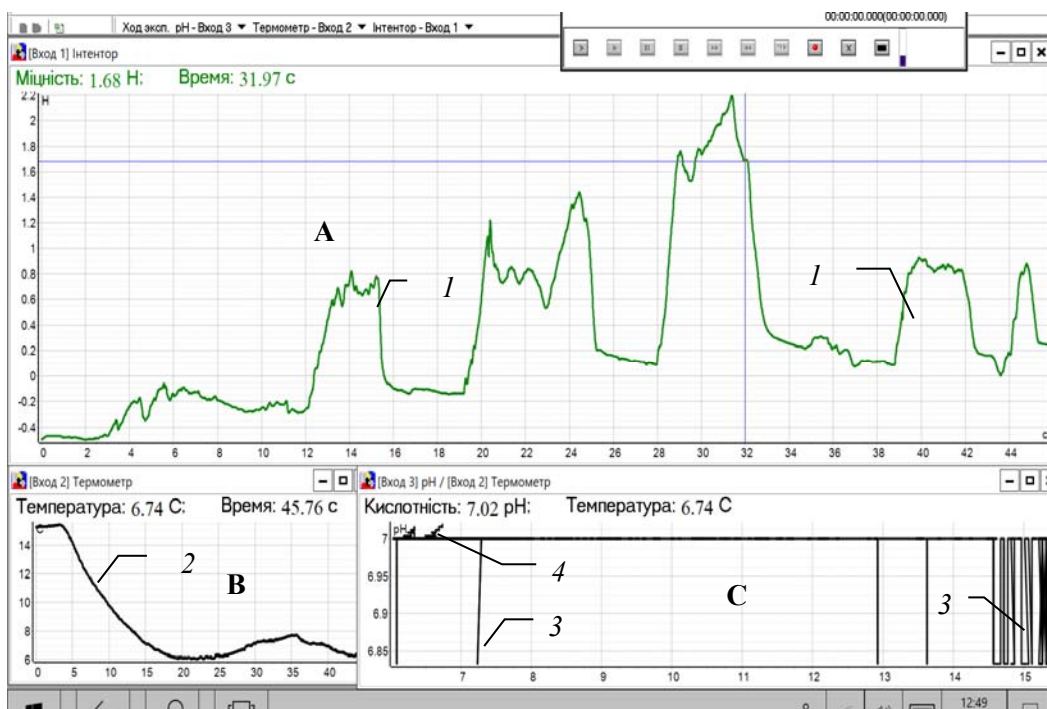


Рис. 10. Вікно програми "Лабораторія ІТМ".
Процес тестування зразків філе курки

Інтерфейс програми для проведення вимірювань "Лабораторія ІТМ" дає змогу не лише фіксувати зміну величини в часі (сектори А і В), а й вивести залежність одного параметра від іншого (сектор С). У секторі С видно зростання значення рН та температури (4) а також шуми, які створено різницею потенціалів поверхні зразка та корпусу рН-метра (див. рис. 10, 3). Такі шуми можливі при русі мобільним телефоном під час зв'язку із базовою станцією над не екранованою частиною сенсора. На жаль, "Лабораторія ІТМ" не має апаратних функцій прибирання таких шумів. Саме тому вирішено створити спеціальний алгоритм відкидання завідомо невірних результатів вимірювань у програмі "MIG-прогнозування 1.21". Вона є програмною частиною вимірювального комплексу *MIG-1.4* для обрахунку результатів вимірювань і прогнозування параметрів кулінарної обробки харчових продуктів.

Висновки. За аналізом характеристик вимірювальних платформ від компаній *National Instruments*, *Phuwe* та ТОВ "ІТМ", представлених на ринку країн ЄС і України, обрано обладнання вітчизняного виробництва.

За концепцією "все в одному" розроблено вимірювальний комплекс *MIG-1.4* з вологозахисним сенсорним екраном, який повністю сумісний з датчиками ІТМ і *MIG*, не має периферійних пристроїв і уможливорює дослідження у виробничих умовах.

Розроблено схему проектування та виробництва вимірювального комплексу *MIG-1.4*, наведено його зовнішній вигляд і стартовий інтерфейс. Розглянуто функції та аргументовано вибір програмного

забезпечення для проведення вимірювань і написання власної програми для обрахунку й прогнозування параметрів кулінарної обробки харчових продуктів.

Проведено калібрування датчиків і на прикладі роботи модуля описано інтерфейс програми для вимірювань. Встановлено, що *MIG-1.4* з модулем експрес-діагностики структурно-механічних властивостей м'яса дає змогу визначати структурно-механічні властивості та кислотність зразків у виробничих умовах.

У подальшому планується обладнати розроблений вимірювальний комплекс власною акумуляторною батареєю із можливістю автономної роботи приблизно 3 год, а також розширити функціональні можливості програми "MIG-прогнозування 1.21".

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Kalkman Cor J.* LabVIEW: a software system for data acquisition, data analysis, and instrument control. Journal of clinical monitoring. 1995. Vol. 11.1. P. 51–58.
2. *Soscia W., Howard J. G., Olson R. J.* Microphacoemulsification with WhiteStar: a wound-temperature study. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 2002. Vol. 28.6. P. 1044–1046.
3. *Специфікації* модулів компанії National Instruments. Прибори "все в одному" VirtualBench. URL : <http://www.ni.com/ru-ru/shop/select/virtualbench-all-in-one-instruments-category>.
4. *Сайт* специфікацій вимірювальних платформ компанії National Instruments. What Is CompactDAQ? URL : <http://www.ni.com/compactdaq/whatis>.
5. *Петрова М. А.* Цифровые лаборатории компании Phywe: "Cobra-3", "Cobra-4". Вестн. Перм. гос. гуманитарно-пед. ун-та. 2010. № 6. С. 126–136. Серия : Информационные компьютерные технологии в образовании.
6. *Parajani B., Dilo T., Malkaj P.* Determination of thermal conductivity, and heat resistance of some polyurethane rubbers, and their dependence from the thickness and density. The 1st International Conference on Research and Education. Challenges Toward the Future (ICRAE2013). May 2013. University of Shkodra "Luigj Gurakuqi". Shkodra. Albania. P. 24–25.
7. *Сайт* специфікацій обладнання компанії Phywe. Product details cobra. URL : <https://www.phywe.com/en/cobra4-mobile-link-2-incl-accessories-battery-usb-cable-charger-and-sd-memory-card.html>.
8. *Goots V., Gubenia O.* Rheodynamical simulation of mechanical systems. The Second North and East European Congress on Food : Book of Abstracts, 2013. P. 45–49.
9. *Електронний* вимірювальний блок. Прилади. ІТМ лабораторія. URL : <https://www.itm.com.ua/Категорія/prylady>.
10. *Шаповал С. Л., Романенко Р. П., Форостяна Н. П.* Діагностика фізичних властивостей харчових продуктів : монографія. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2017. 129 с.
11. *Шаповал С. Л.* Датчик для дослідження теплофізичних властивостей харчових продуктів. Технологический аудит и резервы производства. 2015. № 1 (4). С. 45–49.

12. Orlova N., Kuzmenko I., Romanenko R. Impact of canning method to structural and mechanical properties fruits and vegetables. Ukrainian Journal of Food Science. 2015. Vol. 3.2. P. 225–233.
13. Федорова Д., Романенко Р. Кінетика процесу сушіння та якість рибних напівфабрикатів. Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". 2016. № 2 (22). С. 158–177.

Стаття надійшла до редакції 08.08.2018.

Shapoval S. Measuring complex for diagnostics of rheological and heat and physical properties of food products.

Background. At present day when measuring the properties of a product it is necessary to fix its changes in time, simultaneously forming the evidence base. Recording measuring devices are used in complete set with appropriate sensors to automatically fix the dynamics of the parameters under study.

The characteristics of the main measuring platforms with the possibility of connecting independently constructed sensors by the companies National Instruments, Phywe and ITM which are presented on the market of EU countries and Ukraine are considered. The choice of domestically produced equipment for construction of multifunctional measuring complex is grounded.

The aim of the work is theoretical substantiation, development and production of the hardware and software components of a multifunctional measuring complex adapted for research on the physical properties of food products.

Material and methods. In order to manufacture measuring complex MIG-1.4 the system unit produced by Pipo Electronics, China and the measuring UDG-12s, manufactured by LLC "ITM", Kharkov, Ukraine were used.

The used sensors were calibrated in accordance with: penetrometer index of dynamometer PD-3N manufactured by ITM; pH-meter – for the acidity level of control solutions by the pH-meter Milwaukee MW102; temperature sensor – for electronic thermometer KI&BNT WT-2. The body of the device and separate elements for its construction 3DS Max 2016 were printed on FlashForge 3D-printer.

Results. The scheme of designing and manufacturing of the measuring complex MIG-1.4 has been developed, its appearance has been shown as the starting interface. The functions and selection of software for measuring and creating their own program for calculating and predicting the parameters of culinary processing of food products are considered.

Measuring complex MIG-1.4 was developed In accordance with the concept "all in one". It meets the production requirements of the equipment and is fully compatible with ITM and MIG sensors. The lack of peripheral devices and the available waterproof touch screen in the device allow to conduct research in the production environment, without hesitation about the accuracy of computer manipulators.

Sensors were calibrated: penetrometer, pH-meter, thermometer; an example of the measuring module functioning was given.

Conclusion. It has been affirmed that MIG-1.4 with the module of express-diagnostics of structural and mechanical properties of meat allows to determine the structural and mechanical peculiarities and acidity of samples in production conditions. On an example of the module functioning the program interface for measuring was described.

Keywords: measuring complex, measuring and recording devices, automated measurements, digital sensors, 3D-printing, structural and mechanical properties, chicken fillet.

REFERENCES

1. *Kalkman Cor J.* LabVIEW: a software system for data acquisition, data analysis, and instrument control. *Journal of clinical monitoring.* 1995. Vol. 11.1. P. 51–58.
2. *Soscia W., Howard J. G., Olson R. J.* Microphacoemulsification with WhiteStar: a wound-temperature study. *Journal of Cataract & Refractive Surgery,* 2002. Vol. 28.6. P. 1044–1046.
3. *Specyfikacii' moduliv kompanii' National Instruments.* Pribory "vse v odnom" VirtualBench. URL : <http://www.ni.com/ru-ru/shop/select/virtualbench-all-in-one-instruments-category>.
4. *Sajt specyfikacij vymirjuval'nyh platform kompanii' National Instruments.* What Is CompactDAQ? URL : <http://www.ni.com/compactdaq/whatis>.
5. *Petrova M. A.* Cifrovye laboratorii kompanii Phywe: "Cobra-3", "Cobra-4". *Vestn. Perm. gos. gumanitarno-ped. un-ta.* 2010. № 6. S. 126–136. Serija : Informacionnye komp'juternye tehnologii v obrazovanii.
6. *Papajani B., Dilo T., Malkaj P.* Determination of thermal conductivity, and heat resistance of some polyurethane rubbers, and their dependence from the thickness and density. *The 1st International Conference on Research and Education. Challenges Toward the Future (ICRAE2013).* May 2013. University of Shkodra "Luigj Gurakuqi". Shkodra. Albania. P. 24–25.
7. *Sajt specyfikacij obladnannja kompanii' Phywe.* Product details cobra. URL : <https://www.phywe.com/en/cobra4-mobile-link-2-incl-accessories-battery-usb-cable-charger-and-sd-memory-card.html>.
8. *Goots V., Gubenia O.* Rheodynamical simulation of mechanical systems. *The Second North and East European Congress on Food : Book of Abstracts,* 2013. P. 45–49.
9. *Elektronnyj vymirjuval'nyj blok.* Prylady. ITM laboratorija. URL : <https://www.itm.com.ua/Kategorija/prylady>.
10. *Shapoval S. L., Romanenko R. P., Forostjana N. P.* Diagnostyka fizychnyh vlastyvostej harchovyh produktiv : monografija. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2017. 129 s.
11. *Shapoval S. L.* Datchyk dlja doslidzhennja teplofizychnyh vlastyvostej harchovyh produktiv. *Tehnologicheskij audyt y rezervy proyzvodstva.* 2015. № 1(4). S. 45–49.
12. *Orlova N., Kuzmenko I., Romanenko R.* Impact of canning method to structural and mechanical properties fruits and vegetables. *Ukrainian Journal of Food Science.* 2015. Vol. 3.2. P. 225–233.
13. *Fedorova D., Romanenko R.* Kinetyka procesu sushinnja ta jakist' rybnyh napiv-fabrykativ. *Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky".* 2016. № 2 (22). S. 158–177.