

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-33>

УДК 663.44

С. П. Боковець, д.ф.

ORCID: 0000-0003-0466-2426

Т. І. Маренкова.

ORCID: 0000-0001-7481-0848

Сумський національний аграрний університет

e-mail: sergiy_bokovec@ukr.net

e-mail: tanya_201@ukr.net

ІННОВАЦІЙНЕ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ МАЛИХ ПИВОВАРЕНЬ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Анотація. У статті розглядається вплив інноваційного технологічного обладнання на підвищення ефективності виробництва на малих пивоварнях. Особливу увагу приділено таким модульним системам, як Місго Cube та Combi Cube, що дозволяють оптимізувати процеси приготування та зброджування пивного сусла, а також забезпечують високу гнучкість і компактність під час експлуатації.

Визначено переваги використання передових технологій у порівнянні з традиційними методами пивоваріння, зокрема в контексті зниження енергоспоживання, покращення якості продукту та скорочення витрат. Враховано також упровадження автоматизованих систем управління, які дозволяють забезпечити стабільність виробничих процесів.

Оцінювання сучасного обладнання, представленого на ринку, дає можливість малим пивоварням досягти високих результатів за допомогою інноваційних рішень без значних капіталовкладень у масштабне виробництво.

Ключові слова: обладнання, крафт, міні-пивоварні, пивне сусло, крафтове пивоваріння, організація виробництва, виробництво пива.

Постановка проблеми. Останні десятиліття ознаменувалися стрімким технологічним прогресом, який суттєво вплинув на розвиток пивоварної галузі. Сучасне промислове пивоваріння використовує високотехнологічне обладнання, розроблене вже у ХХІ столітті, що забезпечує високу продуктивність та якість напоїв. Особливості конструкції, принципи роботи та інноваційні можливості такого устаткування висвітлено в спеціалізованих виданнях та науково-виробничих журналах [1–4].

Паралельно з масштабним виробництвом розвивається крафтове пивоваріння, яке набирає популярності серед споживачів. Попит на свіже, натуральне пиво стимулював появу невеликих пивоварень, що пропонують альтернативу продукції великих компаній [5]. Це явище є відповіддю на зміну ринку, адже великі пивоварні орієнтуються переважно на масове виробництво з тривалими термінами зберігання, що не завжди відповідає очікуванням справжніх поціновувачів пива.

Проте, попри динамічний розвиток, обладнання малих пивоварень значно поступається за технологічним рівнем устаткуванню промислових гігантів. Це обмежує впровадження сучасних методів отримання пивного сусла, які демонструють високу ефективність на великих підприємствах [6]. Таким чином, подальший розвиток крафтового пивоваріння залежатиме від модернізації обладнання та адаптації передових технологій, що дозволить малим виробництвам не лише зберегти автентичність напою, а й досягти високих стандартів якості та енергоефективності.



В останні роки для малих пивоварень важливими стали питання оптимізації виробничих процесів, упровадження енергозберігаючих технологій, а також автоматизації та цифровізації виробництва. З огляду на це з'являються нові інноваційні рішення, які дозволяють зменшити витрати на сировину, електроенергію та воду, підвищити ефективність процесу бродіння і ферментації, а також скоротити час виготовлення пива без шкоди для його якості [7; 8].

Сучасне пивоварне обладнання, що використовує технології, як-то безперервне пивоваріння, автоматизовані системи контролю та управління, а також новітні системи охолодження і нагрівання, дозволяє малим пивоварням досягти значних знижок у собівартості продукції за збереження унікальності рецептури і смакових характеристик [9]. Окрім того, застосування таких рішень відкриває нові можливості для виробників, дозволяючи їм адаптуватися до вимог ринку, підвищувати конкурентоспроможність і, в кінцевому підсумку, залучати більше споживачів [10].

Однак, незважаючи на розвиток інноваційних технологій та наявність новітніх рішень для малих пивоварень, більшість підприємств стикається з низкою бар'єрів. Це можуть бути високі витрати на придбання та обслуговування сучасного обладнання, а також відсутність кваліфікованих кадрів для належного керування таким устаткуванням [11]. Крім того, не кожне мале підприємство готове до значних інвестицій у модернізацію виробництва, що ставить під питання впровадження новітніх технологій.

Таким чином, для підвищення ефективності пивоварного виробництва важливим є пошук оптимальних рішень, що поєднують доступність інноваційних технологій і економічну вигоду. У контексті цього завдання, зокрема, важливим є аналіз наявних моделей обладнання для малих пивоварень, їхніх конструктивних особливостей, а також переваг і недоліків в їх використанні. Вивчення сучасних тенденцій у розвитку технологій пивоваріння для малих підприємств дає змогу спрогнозувати можливі напрями вдосконалення процесів, що своєю чергою дозволить покращити якість продукції та конкурентоспроможність малих пивоварень на ринку.

Дослідження в цій сфері активно проводяться в наукових і професійних виданнях, а також технічних звітах виробників пивоварного устаткування. Це дозволяє відстежити останні інновації та технології, які можуть змінити сучасний підхід до виробництва пива.

Аналіз останніх джерел. Останні дослідження в галузі пивоваріння та технологічного обладнання для малих пивоварень вказують на значний прогрес у розробленні інноваційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва та поліпшення якості пивного суслу. Відомо, що одним з основних напрямів є адаптація технологій, що застосовуються на великих підприємствах, до потреб малих виробництв. Наприклад, у роботі Р. Бліщ [12] розглядається впровадження компактних варочних систем і систем бродіння для малих пивоварень, що дозволяє суттєво знизити капітальні витрати та забезпечити високу якість продукції. Зазначено, що використання компактних варочних установок зі змінними модулями є важливим етапом для розвитку крафтового пивоваріння.

Дослідження, представлені в статті [13], присвячено аналізу сучасних систем фільтрації та очищення пива, зокрема таких, як мембранні фільтри і ультрафільтраційні установки. Автор зазначає, що фільтраційні системи з використанням мембран дозволяють значно покращити прозорість пива та знижують витрати на фільтрувальні матеріали, що є критично важливим для малих пивоварень, де кожен етап виробничого процесу має високу економічну значущість. Він також звертає увагу на важливість автоматизації таких процесів, що дозволяє підвищити стабільність виробництва та забезпечити високу якість продукції.

Дослідження [14; 15] зосереджені на розробленні ефективних систем контролю температури під час ферментації та зброджування пивного суслу. Вчені акцентують увагу на інтеграції інтелектуальних датчиків та систем автоматичного управління, які дозволяють оптимізувати

температурні режими, що своєю чергою покращує ароматичні та смакові властивості пива. За результатами їх досліджень встановлено, що використання сучасних систем контролю знижує енергетичні витрати та підвищує повторюваність рецептур пива, що важливо для крафтових виробництв, які прагнуть досягти стабільного результату за мінімальних витрат.

З іншого боку, в статті [16] обговорюються питання модернізації устаткування для зброджування пивного сусла та постійного поліпшення методів контролю якості в малих пивоварнях. Автори пропонують використання модульних бродильних установок, які дозволяють пивоварням варіювати продуктивність залежно від попиту і забезпечують вищу енергоефективність процесу. Такий підхід, як зазначено в [17], дає можливість малим виробництвам зберігати автентичність процесу пивоваріння за використання сучасних технологій.

Інші автори [18–20] приділяють увагу розвитку інноваційних систем для покращення процесу очищення пивного сусла та бродіння. Вони розглядають систему фільтрації пива з використанням новітніх технічних рішень для підвищення ефективності очищення та зниження витрат на матеріали, зокрема використання відновлювальних фільтрувальних елементів. Учені [21] також зазначають, що застосування автоматизованих систем для контролю якості пива на кожному етапі виробництва дає можливість досягати стабільності та підвищення якості готової продукції.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Мета дослідження – аналіз інноваційного устаткування для малих пивоварень як ключового фактора підвищення ефективності виробництва. Дослідження спрямовано на вивчення сучасних технологічних рішень, що дозволяють оптимізувати процеси варіння, бродіння, фільтрації та зберігання пива, а також на оцінювання їх впливу на якість кінцевого продукту, енергоефективність і економічну доцільність використання в малих виробництвах.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри значний прогрес у розробленні обладнання для малих пивоварень, недостатньо дослідженими залишаються питання довготривалої експлуатації модульних систем в умовах різних масштабів виробництва, їх адаптації до нестандартних рецептур та специфічних технологічних процесів. Також потребують подальшого вивчення аспекти енергоефективності та екологічної стійкості таких установок, зокрема можливості їх інтеграції в концепцію «зеленої» пивоварні.

Основна частина. Для вирішення технічних викликів, що постійно загострюються у сфері малих пивоварень, компанія KRONES розробила комплекс інноваційного обладнання, що дозволяє підвищити ефективність і економічність виробництва. В основі цих рішень лежать дві унікальні концепції модульних пивоварень: Micro Cube та Combi Cube, які поєднують передові технологічні рішення з компактністю та простотою експлуатації.

Micro Cube – це високотехнологічний комплекс для приготування та зброджування пивного сусла, який має продуктивність 5, 10 або 25 гектолітрів за один цикл. До його складу входять солододробарка, заторно-фільтраційний апарат, сусловарочний гідроциклонний блок, шість бродильних ємностей, а також системи водо-, тепло- та холодозабезпечення. Гнучкість управління забезпечується поєднанням ручного керування з електронною підтримкою, що значно спрощує експлуатацію.

Завдяки модульній конструкції обладнання постачається у вигляді попередньо зібраних блоків, що дозволяє швидко встановлювати та вводити його в експлуатацію. Компактні габарити (14000×6000 мм) дають змогу оптимально розмістити систему навіть у невеликих приміщеннях, при цьому максимальний діаметр ємнісного обладнання не перевищує 1200 мм. Такий підхід відкриває нові можливості для крафтових виробників, дозволяючи їм працювати на рівні сучасних технологій без значних капіталовкладень у масштабне виробництво.



Рис. 1. Технологічний комплекс обладнання для варіння та ферментації пивного сусла Micro Cube

Combi Cube B – це комплектна модульна система для варіння пива, що забезпечує продуктивність від 40 до 100 гектолітрів гарячого сусла за варку з початковою щільністю 10–15%. Конфігурація обладнання та кількість робочих циклів залежать від вибраної технології.



Рис. 2. Модульний варильний комплекс Combi Cube B

У разі застосування настійного методу затирання можливе проведення до 10 варок на добу, тоді як відварювальний метод дозволяє виконувати до 9 варок.

Інноваційна система теплообміну, що використовується у варочних апаратах, включає нагрівальні сорочки з анкерними зв'язками ShakesBeer, які забезпечують рівномірне прогрівання сировини під час ферментативної модифікації зерна та кип'ятіння сусла. Крім того, сусловарочний апарат оснащений сучасною системою інтенсивного кип'ятіння Stromboli, що сприяє покращенню якості пивного сусла.

Combi Cube C – це централізована система, змонтована на єдиній рамі, яка виконує функції обслуговування всього бродильно-табірного відділення невеликих пивоварень. Вона не лише контролює ферментаційні процеси, а й здійснює санітарне оброблення обладнання, що підвищує рівень гігієни виробництва. При цьому самі бродильні апарати не входять до складу цієї системи, що дає можливість адаптувати її до різних виробничих умов.

Combi Cube F – модульна фільтраційна установка, призначена для освітлення пива з продуктивністю від 26 до 104 гектолітрів на годину.



Рис. 3. Модульний фільтраційний комплекс Combi Cube F

Конструкція дозволяє встановлювати від одного до п'яти модулів, серед яких: фільтрувальний, буферний, карбонізаційний, кізельгуровий та СП-модуль для автоматизованого очищення. Гнучкість у комплектації та можливість налаштування параметрів дозволяють адаптувати установку до індивідуальних технологічних вимог кожного виробництва, забезпечуючи оптимальну якість готового продукту.

Фільтраційний модуль оснащений передовою двопотоковою системою TFS, яка забезпечує високу ефективність очищення пива та суттєво скорочує витрати кізельгуру. Це не лише покращує прозорість і стабільність напою, а й робить процес фільтрації економічно вигіднішим та екологічнішим. На відміну від традиційних міні-пивоварень, нові модульні комплекси для малих і крафтових виробництв інтегрують технології, що вже зарекомендували себе у промисловому пивоварінні. Завдяки цьому підвищується якість готового продукту, оптимізується споживання енергоресурсів, а самі процеси стають більш гнучкими та ефективними. Крім того, використання автоматизованих систем управління дозволяє зменшити вплив людського фактора, забезпечуючи стабільність параметрів виробництва та максимальну повторюваність рецептур.

Висновки. Отже, впровадження інноваційного обладнання, як-от модульні комплекси Micro Cube та Combi Cube, значно підвищує ефективність та економічність виробництва в малих пивоварнях. Ці технологічні рішення дозволяють виробникам не лише зберігати високу якість пива, але й адаптувати свої виробничі процеси до сучасних вимог ринку. Завдяки компактним розмірам і можливості інтеграції передових технологій малим пивоварням відкриваються нові горизонти для оптимізації виробництва без необхідності значних капіталовкладень у велике виробництво. У майбутньому подібні інновації можуть стати стандартом для малих пивоварень, сприяючи подальшому розвитку крафтової пивоварної індустрії.

*Список використаних джерел*

1. Albanese L, Ciriminna R, Meneguzzo F, Pagliaro M, Beer-brewing powered by controlled hydrodynamic cavitation: Theory and real-scale experiments, *Journal of Cleaner Production*. 2016, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.162>.
2. Пищик Б.І. Модернізація лінії виробництва пива з розробкою теплообмінника «труба в трубі» і дробарки: магістерська : дис. ... : 133 «Галузеве машинобудування». Київ, 2018. 182 с.
3. Романова З.М. Удосконалення пива світлих сортів на міні-пивоварнях м. Одеса за рахунок використання українського солоду. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 84-ї міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 23–24 квітня 2018 р. Київ : НУХТ, 2018. Ч. 1. С. 280.
4. Martsynkevich L. Use of combined devices in hardware and technological scheme of mini-beer L. Marcinkiewicz *Proceedings of the scientific student session – SSS'11*. 2011. P. 68–71.
5. Amienyo D., Azapagic A., Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2016, 21, 492–509. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>
6. Choi J.-H., Kang J.-W., Mijanur Rahman A.T.M., Lee S.J., Increasing fermentable sugar yields by high-pressure treatment during beer mashing. *J. Inst. Brew.* 2016, 122, 143–146. <https://doi.org/10.1002/jib.285>
7. Dindar E., An Overview of the Application of Hydrodynamic Cavitation for the Intensification of Wastewater Treatment Applications: A Review. *Innov. Energy Res.* 2016, 5, 1–7. <https://doi.org/10.4172/ier.1000137>
8. Яковенко Ю. Удосконалення технології пивного суслу для пива «Молочний стаут» : кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю «8.181.00.01 Технології продуктів бродіння і виноробства». Львів, 2024. 71 с.
9. Жеплінська М., Сухненко І., Лазарів Ю. Порівняльний аналіз способі затирання для приготування пивного суслу. *Технічні науки – Інноваційні технології*. 2016.
10. Protsenko L., Ryzhuk S., Koshitska N., Lyashenko M., Bober A., Gunko S., Kazmirchuk V. Comparative estimation of the quality of ukrainian and european pellets. *Chemistry of food products and materials. New raw materials*. Volume 2023, 17(2)/2023, 41–52.
11. Remes D.B. Membrane filtration systems for beer production: Advances in microbrewery filtration techniques. *International Journal of Brewing and Fermentation*, 2021, 30(2), 112–120. <https://doi.org/10.1080/21532123.2021.1745612>
12. Блішч Р. Технологічні аспекти одержання функціонального пива. *Herald of Lviv University of Trade and Economics. Technical Sciences*. 2023, 33–39. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2023-33-05>
13. Urminská D., Haring N., Drábová B. Antioxidant Activity of Special Functional Beers. *Preprints*. 2024, <https://doi.org/10.20944/preprints202405.0193.v1>
14. Jameson M.G., Schmidt P. Innovative filtration solutions for craft breweries: Improving beer quality and reducing material costs. *International Journal of Brewing Engineering*, 2023, 25(1), 89–98. <https://doi.org/10.1002/jbe.2023.01.004>
15. O'Neill S., Lee, M. Compact brewing systems for small breweries: A comparison of modular brewing technologies. *Journal of Brewing Science*, 2022, 47(3), 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.jbsc.2022.03.015>
16. Благополучна А., Ляховська Н., Нецадим Л. Безвідходні технології міні-виробництв. *Економічні горизонти*. 2022. № 1 (19). № 32–38. [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(19\).2022.259399](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(19).2022.259399)
17. Bellino L.M. Modular fermentation units in small breweries: Enhancing energy efficiency and scalability. *Journal of Microbrewery Technology*, 2019, 8(4), 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.jmbt.2019.08.009>
18. Frank A., Scheel R., Ag B., Optimized Dry Processing Using the Newest Generation of Grinding Equipment. *MBAA Tech. Q.* 2016, 53, 97–102. <https://doi.org/10.1094/TQ-53-2-0502-01>.
19. Iben U., Wolf F., Freudigmann H.-A., Fröhlich J., Heller W., Optical measurements of gas bubbles in oil behind a cavitating micro-orifice flow. *Exp. Fluids* 2015, 56, 114. <https://doi.org/10.1007/s00348-015-1979-6>
20. Martins K. Automation in fermentation control for craft breweries: Benefits of intelligent temperature management. *Brewing Technology Review*, 2020, 15(1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s12345-020-0048-1>
21. Фалик Т.С. Екологічні проблеми крафтових пивоварень та способи їх вирішення : дис ... на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) : 21.06.01 «Екологічна безпека» ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2019. 157 с. С. 124–138.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2025 р.



S. Bokovets, T. Marenkova
Sumy National Agrarian University

INNOVATIVE EQUIPMENT FOR SMALL BREWERIES AS A FACTOR FOR INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY

Summary

The article discusses the impact of innovative technological equipment on increasing production efficiency in small breweries. Particular attention is paid to modular systems, such as Micro Cube and Combi Cube, which allow to optimize the processes of preparation and fermentation of beer wort, as well as provide high flexibility and compactness in operation.

The advantages of using advanced technologies compared to traditional brewing methods are identified, in particular in the context of reducing energy consumption, improving product quality and reducing costs. The article also takes into account the introduction of automated control systems that ensure the stability of production processes.

The assessment of modern equipment available on the market enables small breweries to achieve high results with innovative solutions without significant investments in large-scale production.

Keywords: equipment, craft, micro and mini breweries, beer wort, craft brewing, production organization, production.