

УДК 663.4

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.64300

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ПИВА

© В. М. Таран, Л. О. Ліфанова

У представленій роботі розглянута технологія виробництва безалкогольного пива, а саме – метод випарювання алкоголю з алкогольного пива. Запропоновано обладнання випарного апарату з природньою циркуляцією, виносним кип'ятильником і сепаратором для розділення пива та парів спирту, яке раніше не використовувалося при виробництві безалкогольного пива. Виконане моделювання процесу деалкоголізації

**Ключові слова:** деалкоголізація, безалкогольне пиво, випарний апарат, математична модель, граничні умови, пиво

*In this work it is considered non-alcoholic beer production technology – the method of evaporating the alcohol from alcoholic beer. Equipment of the evaporative unit with natural circulation, external reboiler and separator for separating beer and alcohol vapor are proposed. This equipment had not been used in the production of non-alcoholic beer. The modeling process of dealcoholizing is done*

**Keywords:** dealcoholizing, non-alcoholic beer, evaporative unit, mathematical model, boundary conditions, beer

### 1. Вступ

Безалкогольне пиво – напій, за смаком схожий на традиційне пиво, але майже не містить алкоголю (в ньому міститься від 0,2 до 1,5 % алкоголю). У свою чергу пиво – слабоалкогольний напій, отриманий шляхом бродіння. Третій напій у світі за популярністю після води та чаю. Пиво характеризується специфічною гіркотою та ароматом, що надає йому хміль, а також здатністю до піноутворення. Процес виробництва пива називається броварством або пивоварінням.

Був проведений системний аналіз сучасної технології виробництва безалкогольного пива, опрацьовані переваги і недоліки кожного з методів. Сучасно найчастіше використовується метод випарювання.

Глибокий аналіз сучасних конструктивних та технологічних рішень наштовхнув на розгляд нової для харчової промисловості конструкції випарного апарату.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Попри широкий попит на даний вид напоїв, у спеціалізованій літературі технологічний процес виробництва пива описаний поверхнево. Кунце В. описав всі існуючі методи і технологічне обладнання [1].

Видалення спирту з пива можливо різними шляхами. Широко відомі способи можна розділити на три групи [2]:

– мембранні методи (виконують за допомогою перекачування пива через мембрани з ацетицелюлози, з проникною здатністю тільки для молекул певних речовин, у нашому випадку – спирту. Широко використовується метод зворотного осмосу і діалізу);

– термічні методи (термічний метод деалкоголізації базується на випарюванні алкоголю з пива, шляхом нагрівання.);

– переривання бродіння або недопущення утворення спирту при бродінні (при методі переривання бродіння ключовим є недопущення утворення спирту, або ж переривання процесу коли концентрація мінімальна).

На виробництві застосовуються всі три групи методів, які мають свої переваги і недоліки.

При розгляді лінії виробництва деалкоголізованого пива, слабким місцем даного методу виявилася вакуум-випарна установка, а саме те, що необхідно довгий час витримувати пиво під впливом високих температур [3].

### 3. Ціль та задачі дослідження

Дослідження відноситься до пивобезалкогольної галузі. Безалкогольне пиво – напій, отриманий внаслідок деалкоголізації пива, схожий на нього за органолептичними властивостями, в ньому міститься від 0,2 до 1,5 % алкоголю. Актуальністю даної теми полягає в тому, що безалкогольне пиво набуває все більшого поширення у світі, внаслідок багатьох причин, основна із них – пропаганда здорового способу життя [4]. Відомо, що пиво є досить корисним продуктом. До складу пива входять вода, дріжджі, хміль та солод. Пророщений ячмінь, він же солод, багатий на повільні вуглеводи, рослинні білки і мінеральні солі. У складі хмеля є ферменти, які чинять дезінфікуючий і заспокійливий вплив на організм. При правильному і делікатному виробництві, всі ці якості притаманні і деалкоголізованому пиву [5].

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: побудова моделі випарного апарату, отримання експериментальних даних та аналіз отриманих результатів.

Процес розрахунку течії рідини містить у собі наступні кроки:

1. Створення області розрахунку («геометрії») у САПР й імпорт її в FlowVision.

2. Завдання математичної моделі.
3. Завдання граничних умов.
4. Завдання фізичних параметрів.
5. Завдання початкової розрахункової сітки.
6. Завдання критеріїв адаптації розрахункової сітки.
7. Вибір кроку часу обчислювального алгоритму.
8. Запуск варіанта на проведення розрахунку.
9. Перегляд результату розрахунку і використання можливостей постпроцесора.

#### 4. Матеріали та методи дослідження впливу процесу випарювання на якість безалкогольного пива

Глибокий аналіз сучасних конструктивних та технологічних рішень наштовхнув на розробку нової конструкції випарного апарату. Апарат має виносний кип'ятильник 1 і сепаратор 3. У кип'ятильнику, що складається з пучка труб, що обігріваються зовні паром, утворюється парорідинна суміш, що надходить в сепаратор по трубці 2. У сепараторі відбувається відділення парів спирту від рідини, яка по циркуляційній трубці 4 повертається в кип'ятильник і охолоджується за рахунок холодної рубашки з розсолем. Труби кип'ятильника можуть досягати значної довжини (до 7 м), що сприяє інтенсивній циркуляції. Зі збільшенням довжини труб зростає різниця мас парорідинної суміші в них і рідини в циркуляційній трубці. Розташування кип'ятильника окре-

мо від сепаратора зручно для ремонту і чищення труб [6]. Можливо до сепаратора приєднати два або більше кип'ятильників, з яких один можна вимкнути для ремонту або очищення, не зупиняючи всього апарату. У даній системі працюють під вакуумом при температурі 30–34 °С, щоб чинити на продукт якомога делікатний вплив. Весь процес займає менше 10 с, але повинен бути повторений кілька разів [7].

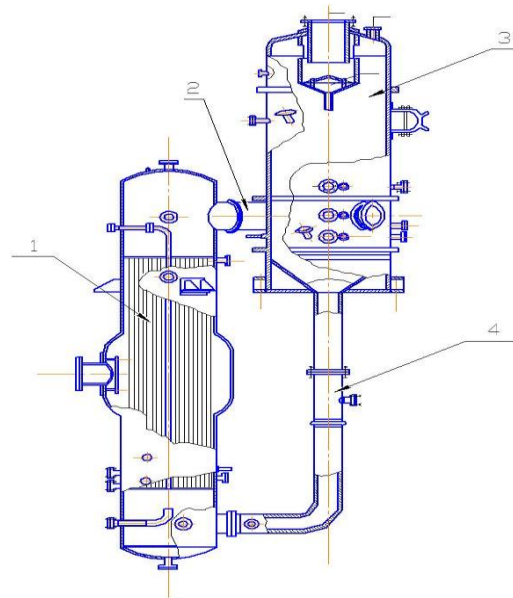


Рис. 1. Випарний апарат

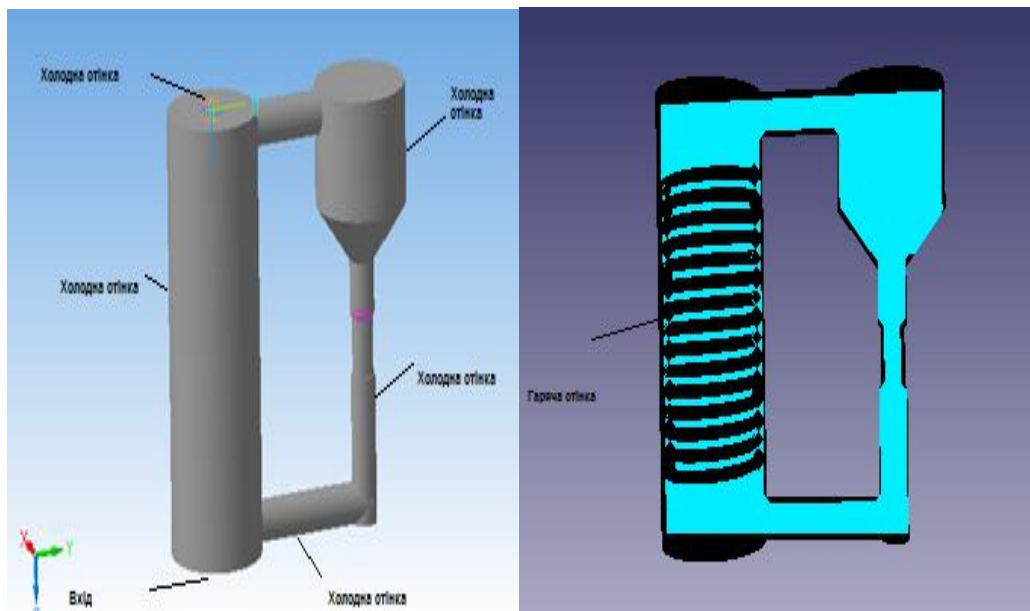


Рис. 2. Вигляд 3D моделі та у розрізі

Опис умов моделювання:

- значення густини 1090 (кг/м<sup>3</sup>);
- значенням в'язкості 0.0032 (кг/(м·с));
- початкова температура 20 °С;
- температура холодної стінки 20 °С;
- температура гарячої стінки (калорифер) 110 °С;
- сила тяжіння 9,81;
- тиск в апараті на початку дослідів 0,004 МПа.

#### 5. Результати дослідження та моделювання випарного апарату при виробництві безалкогольного пива

Під час дослідження випарного апарату перш за все було проведено моделювання значень тиску в апараті, графічне зображення представлено на рис. 3.

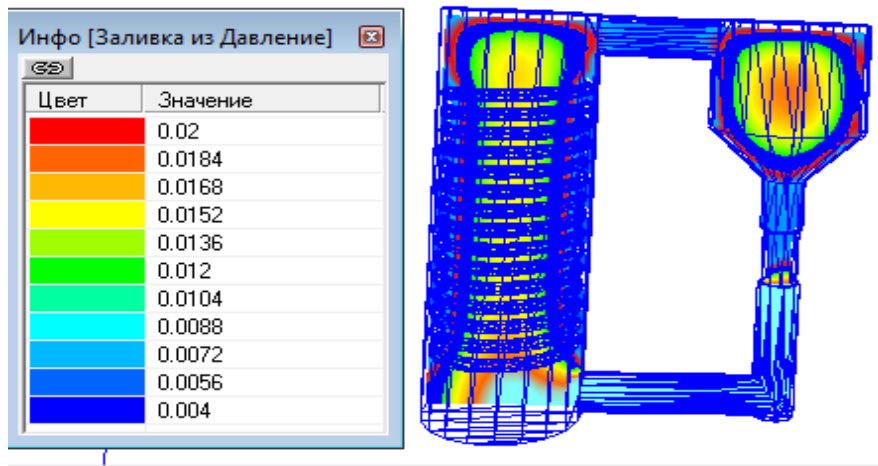


Рис. 3. Скріншот заливки тиском

Даний дослід зображує найбільший тиск в зоні нагріву, що пояснюється законом термодинаміки, у якому зазначено те, що підвищення температури прямо пропорційне підвищенню тиску. Понижений тиск у лівому нижньому куті пояснюється наявністю холодної рубахи. Так як слабким місцем даного методу виявилась те, що необхідно довгий час витримувати пи-

во під впливом високих температур, тому дослідили вплив при зміні конструкції (рис. 4).

З протікання процесу очевидне поступове підвищення температури навколо кип'ятильника, що відповідає умові, та її зменшенню у місці с холодною рубахою. Окрім цього були змодельовані ізолінії температури (рис. 5).

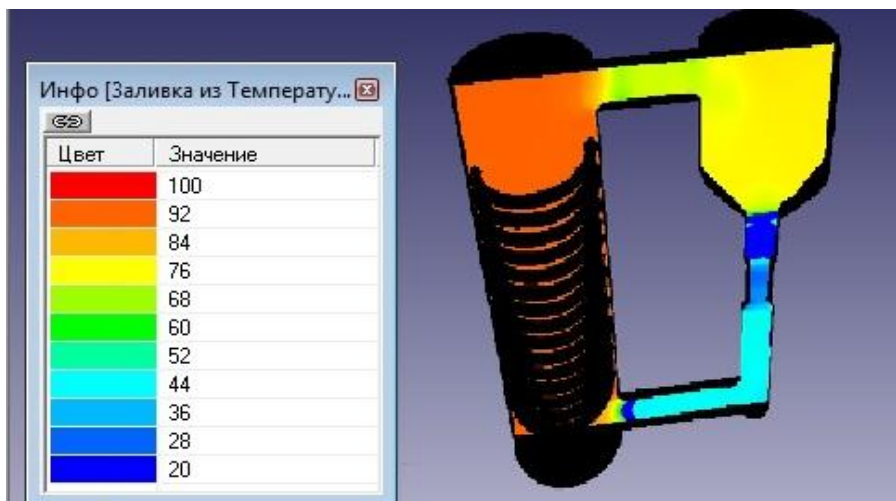


Рис. 4. Скріншот заливки із температури

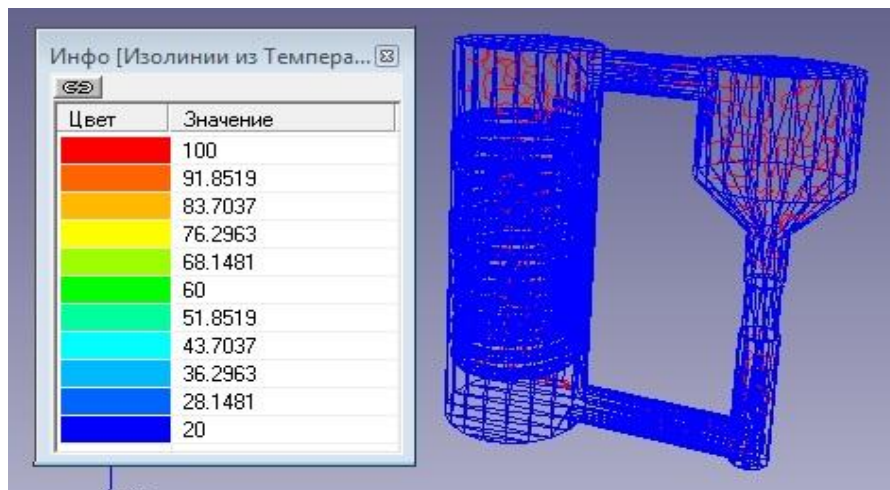


Рис. 5. Скріншот ізолінії температури

Зображено реальний рух течії в апараті, створений природньою циркуляцією за рахунок кипіння, пояснюється законом Ейлера, що описує рух ідеальної нестискаємої рідини. Рейнольдс дорівнює 83345, тобто у апараті турбулентний рух рідини [8].

### 6. Висновки

Глибокий аналіз сучасних конструктивних та технологічних рішень наштовхнув на дослідження нової конструкції випарного апарату, яка підходить для деалкоголізації пива. Випарний апарат з природньою циркуляцією, виносним кип'ятильником і сепаратором для розділення пива та парів спирту замінює сучасне випарне обладнання та виграє на його фоні за рахунок економічності, оптимальності та ергономічних показників [9, 10]. Під час моделювання процесу в середовищі FlowVision було підтверджено доцільність використання даного апарату, а саме:

– Пиво не піддається довгому перебуванню в середовищі з високими температурами.

– Відпадає необхідність на стадії розливу додавати до продукту молоде пиво, так як зменшується час обробки і смакові якості не погіршуються.

– Відсутні втрати випареного спирту, так як він вловлюється сепаратором і може бути повторно використаний.

### Література

1. Кунце, В. Технологія солоду і пива [Текст] / В. Кунце. – СПб.: «Профессия», 2009. – 912 с.
2. Оганнисян, В. Г. Мембранные методы деалкоголизации пива [Текст] / В. Г. Оганнисян, Н. А. Петрова, Г. А. Тамазян // Мир пивоварения. – 2011. – № 3 (2). – С. 13–21.
3. Васянина, С. А. Анализ напитков уксусно-этилового брожения методом газо-жидкостной хроматографии [Текст] / С. А. Васянина, А. М. Мирошников // Пиво и напитки. – 2010. – № 2. – С. 31–50.
4. Сорокопуд, А. Ф. Теплофизические характеристики пива и пивного сусла [Текст] / А. Ф. Сорокопуд, А. В. Миленский // Пиво и напитки. – 2008. – № 1. – С. 22–50.
5. Бемфорт, Ч. Новое в пивоварении [Текст] / Ч. Бемфорт. – Санкт-Петербург: „Профессия“, 2009. – 520 с.
6. Сорокопуд, А. Ф. Аспекты деалкоголизации пива термическим методом [Текст]: сб. науч. раб. /

А. Ф. Сорокопуд, А. В. Миленский // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. – Кемерово, 2012. – Вып. 11. – 38 с.

7. Глазер, В. Как произвести хорошее безалкогольное пиво [Текст] / В. Глазер // Пиво и напитки. – 2003. – № 2. – С. 22–24.

8. Кавецкий, Г. Д. Процессы и аппараты пищевой технологии [Текст] / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев. – М.: Колос, 1999. – 551 с.

9. Кунце, В. „Правильное пиво“ и как его сварить. Методы удаления спирта из пива [Текст] / В. Кунце // Пиво и напитки. – 2009. – № 4. – С. 22–24.

10. Косминский, Г. И. Состав летучих компонентов безалкогольного пива, полученного в процессе аэрации [Текст] / Г. И. Косминский, Е. М. Моргунова // Пиво и напитки. – 2011. – № 3. – С. 13–16.

### References

1. Kunze, V. (2009). Tehnologija solodu i piva [Technology malt and beer]. Sankt-Peterburg: Professia, 912.
2. Ovhannisyann, V. G., Petrova, N., Tamazyann, G. (2011). Membrannye metody dealkogolizatsii piva [Membrane techniques of beer dealcoholization]. World of brewery, 3 (2), 13–21.
3. Vasyanina, S., Miroshnikov, A. (2010). Analiz napitkov uksusno-ehtilovogo brozheniya metodom gazo-zhidkostnoj khromatografii [Analysis of beverages ethyl acetic fermentation by gas-liquid chromatography]. Beer and drinks, 2, 31–50.
4. Sorokopud, A., Milen'kij, A. (2008). Teplofizicheskie kharakteristiki piva i pivnogo susla [Thermal characteristics of beer and wort]. Beer and drinks, 1, 22–50.
5. Bemfort, C. (2009). Novoe v pivovarenii [New in brewing]. Sankt-Peterburg: Professiya, 520.
6. Sorokopud, A., Milen'kij, A. (2012). Aspekty dealkogolizatsii piva termicheskim metodom [Aspects dealcoholization of beer, thermal method]. Produkty pitaniya i racional'noe ispol'zovanie syr'evykh resursov. Kemerovo, 11, 38.
7. Glaser, V. (2003). Kak sdelat' khoroshee bezalkogol'noe pivo [How to made GOOD nonalcohols beer]. Beer and drinks, 2, 22–24.
8. Kavetsky, G., Vasylyiv, B. (1999). Protsessy i apparaty pishhevoj tekhnologii [Processes and devices of food technology]. Moscow: Kolos, 551.
9. Kunze, V. (2009). Pravil'noe pivo i kak ego svarit. Metody udaleniya spirta iz piva [Proper beer and how to cook it. Methods for the removal of alcohol from beer]. Beer and drinks, 4, 22–24.
10. Kosminskiy, G., Morgunov, E. (2011). Sostav letuchikh komponentov bezalkogol'nogo piva, poluchennogo v protsesse aehratsii [The composition of non-alcoholic beer volatiles produced during aeration]. Beer and drinks, 3, 13–16.

*Дата надходження рукопису 11.02.2016*

**Таран Віталій Михайлович**, доктор технічних наук, професор, кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

**Ліфанова Лідія Олегівна**, аспірант, кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601  
E-mail: Lifanova.lida@yandex.ua