

УДК 637.338:664.8.039.31

Ю.А. Селезньова, С.А. Соколов

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

МЕТОДИКО-АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СУМІСНОГО ВПЛИВУ ВИСОКОГО ТИСКУ, УЛЬТРАЗВУКУ І ТЕМПЕРАТУРИ НА ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ

У статті наведено принципову схему розробленого авторами експериментального комплексу, призначеного для проведення досліджень впливу сумісної дії високого (до 200 МПа) тиску, підвищеної (від 20 до 90°C) температури і ультразвуку на харчові продукти та їх складові з метою розробки інноваційної технології.

Ключові слова: камера високого тиску, ультразвуковий випромінювач, коефіцієнт мультиплікації, інактивація.

Постановка проблеми. Останніми роками у структурі харчування населення України простежуються істотні негативні зміни, пов'язані із зниженням у раціонах найважливіших нутрієнтів – вітамінів, протеїнів. Ніколи проблема харчування не привертала так багато уваги, як останні 10 років, тому що наявне зараз прагнення людей вести здоровий спосіб життя обов'язково передбачає правильне відношення до харчування. Відомо, що в їжі містяться живильні елементи, що забезпечують організм енергією і потрібні для зростання і підтримки життєдіяльності тканин, які людський організм самостійно виробляти не здатний і тому повинен отримувати ззовні. Тому одним з першочергових завдань харчової промисловості є забезпечення населення високоякісними, повноцінними і безпечними продуктами. Основним шляхом підвищення повноцінності вітчизняних харчових продуктів є застосування у сучасних харчових технологіях рішень, що дозволяють звести до мінімуму негативний вплив на нутрієнти як окремих виробничих операцій, так і усього технологічного процесу. Для цього необхідний пошук нових підходів, в основі яких повинні лежати фундаментальні дослідження у галузі харчової хімії, біотехнології, мікробіології, гігієни харчування, що дозволить розкрити сутність процесів, які відповідають за зміну якості продуктів у процесі їх виробництва і подальшого зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У даний час існує велика різноманітність методів обробки харчових продуктів та сировини для їх виробництва з метою підвищення термінів їх зберігання: термічна пастеризація і стерилізація; використання хімічних речовин і консервантів; ультрафільтрація; електрофізичні методи обробки (електромагнітна обробка полями високої і надвисокої частоти, радіаційна пастеризація, ультрафіолетове опромінення, обробка пружними хвилями, використання електричних полів низької і високої напруг, використання постійного і змінного магнітних полів). Кожен з перерахованих вище методів має певні рамки застосування, свої переваги і недоліки. Міжнародною асоціацією наукових інститутів і університетів, що співробітничать в області безпеки харчових продуктів (The Safe Consortium), яка працює над всіма спектрами проблем, пов'язаних з безпекою і харчовою цінністю продуктів харчування, були обговорені практично усі інноваційні технології [1]. Були ідентифіковані три основні, на думку фахівців, тренди у дослідженнях, які стосуються нових технологій. Перший тренд пов'язаний з ефективністю технологій щодо мікробіологічної безпеки продуктів і вивченням механізмів інактивації шкідливої мікрофлори. Другий тренд пов'язаний із застосуванням комбінованих технологій, які можуть поєднувати у собі усе краще з окремих технологій, але при цьому їх комбінація знижує властиві їм негативні чинники. Третій тренд описує важливість промислового впровадження цих технологій.

Наукове обґрунтування створення ефективних технологій виробництва високоякісних продуктів харчування шляхом комбінування різних ефектів впливу на продукт передбачає комплексний підхід до планування багатоцільових досліджень. Тому, цілком природно, що впровадження нової технології вимагає проведення ретельних досліджень, які потребують розробки відповідного методико-експериментального забезпечення.

Мета дослідження – розробка експериментальної установки для досліджень комбінованої дії високого тиску до 200 МПа і ультразвуку на харчові продукти.

Результати дослідження. Принцип роботи і призначення установки високого тиску (УВТ).

Гідравлічна частина УВТ складається з каналів низького і високого тиску, пов'язаних між собою жорстким поршнем гідравлічного мультиплікатора (ГМ). Для транспортування робочих рідин каналами служать трубопроводи низького і високого тиску. У каналі низького тиску як ро-

боча рідина використовується індустріальне мастило, а в каналі високого тиску – рідина ПЕС-3. Стан потоків робочих рідин однозначно визначається параметрами і властивостями гідравлічних і електромеханічних пристроїв у каналах. Принципова схема УВТ наведена на рис. 1.

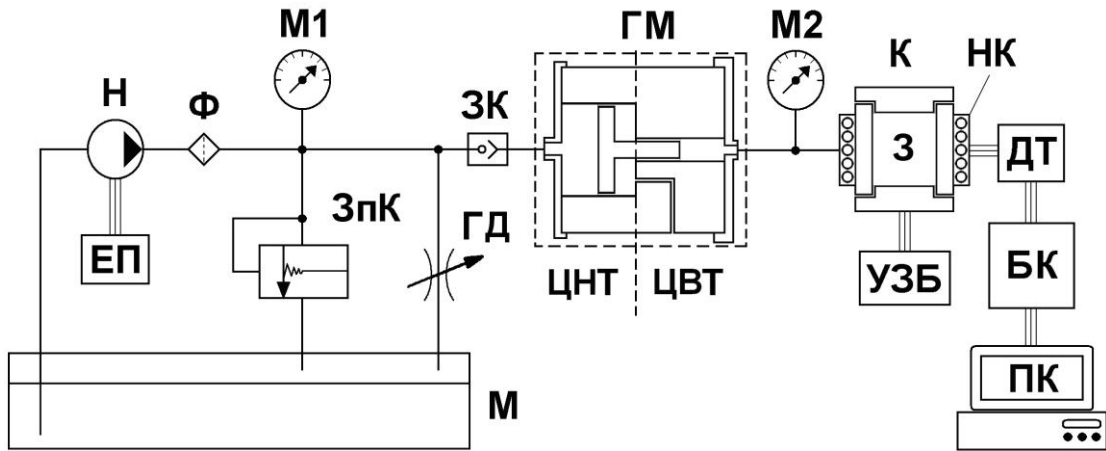


Рис. 1. Принципова схема УВТ

На схемі, що на рис. 1, такі позначення:

- Н – шестерний масляний насос на 16 МПа;
- ЕП – електропривод насоса;
- Ф – фільтр на 10 мкм;
- М – масло збірник;
- М1 – манометр на 16 МПа;
- ЗдК – запобіжний клапан на 16 МПа;
- ГД – гідравлічний дросель;
- ЗК – запірний клапан;
- ГМ – гідравлічний мультиплікатор;
- ЦНТ – циліндр низького тиску;
- ЦВТ – циліндр високого тиску;
- М2 – манометр 200 МПа;
- К – камера високого тиску;
- НК – циліндричний нагрівач камери;
- З – досліджуваний зразок;
- УЗБ – ультразвуковий блок;
- ДТ – датчики температур;
- БК – блок керування установкою;
- ПК – персональний комп'ютер.

На рис. 1 тонкими суцільними одинарними лініями показані трубопроводи робочих рідин каналів; тонкими суцільними потрійними – електричні з'єднання електромеханічних і електронних пристроїв УВТ; пунктирною лінією обведені циліндри низького і високого тиску гідравлічного мультиплікатора ГМ.

Канал низького тиску УВТ складається з:

- шестерного масляного насоса (Н) з номінальним тиском 16 МПа;
- електроприводу (електродвигуна) (ЕП) потужністю 2 кВт;
- фільтру на 10 мкм (Ф);
- маслозбірника (М);
- манометра на 16 МПа (М1);
- запобіжного клапана на 16 МПа (ЗдК);
- гідравлічного дроселя (ГД);
- запірного клапана (ЗК).

Ескіз ГМ з поршнем представлений на рис. 2.

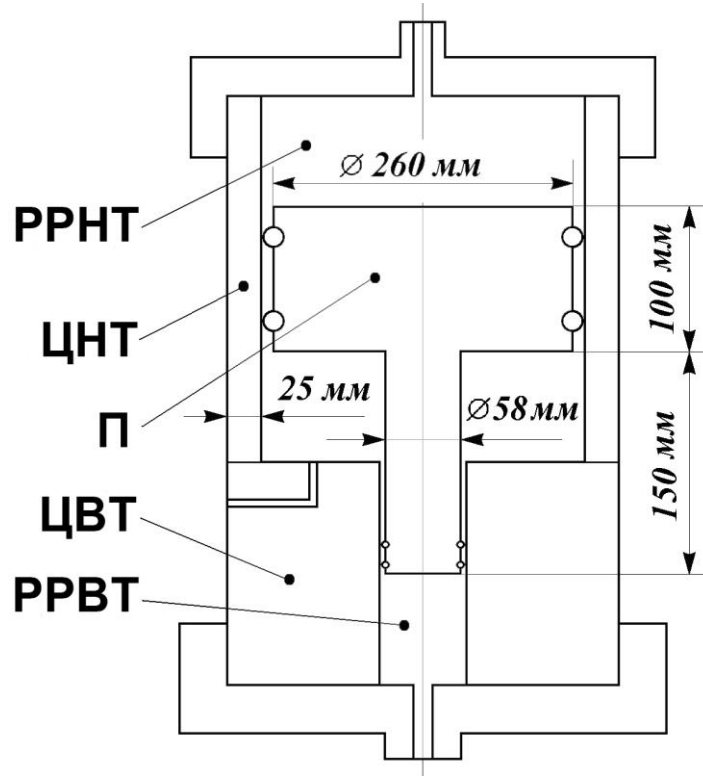


Рис. 2. Ескіз гідравлічного мультиплікатора з поршнем, де РРНТ – робоча рідина низького тиску, ЦНТ – циліндр низького тиску, П – поршень, ЦВТ – циліндр високого тиску, РРВТ – робоча рідина високого тиску.

Таким чином, канал високого тиску складається з:

- камери високого тиску;
- манометра на 200 МПа (М2).

Ескіз камери високого тиску з ультразвуковими випромінювачами і нагрівачем представлений на рис. 3.

Шестерний масляний насос (Н) призначений для перетворення механічної енергії електроприводу (ЕП) у гідравлічну енергію робочої рідини низького тиску. Величина тиску РРНТ на виході з насоса задається швидкістю обертання його провідного ротора, пов'язаного з ротором ЕП. Номінальний режим роботи насоса, у сукупності, забезпечують, з одного боку, силові параметри ЕП і передаточне відношення пасової передачі, а з іншого боку, кінематична в'язкість і гідравлічне навантаження в обох каналах. У номінальному режимі насос працює при номінальному навантаженні і поточний тиск РРНТ (Р) на виході дорівнює номінальному (P_{np} , де np – “nominal pressure”) $P = P_{np}$.

У цьому випадку досягається найбільша тривалість терміну експлуатації насоса. При номінальному тиску гідравлічна сила РРНТ має величину, достатню для створення максимального тиску РРВТ, що діє безпосередньо на зразок у камері високого тиску (К).

З виходу насоса (Н) РРНТ проходить через фільтр (Ф), який призначений для очищення від різномірних твердих часток розміром більше 10 мкм. Паралельно із фільтром (Ф) з'єднані стрілочний манометр (М1), запобіжний клапан (ЗдК), запірний клапан (ЗК) і гідравлічний дросель (ГД).

За показниками манометра (М1) контролюється тиск Р. Залежно від сумарного гідравлічного опору пристроїв каналу низького тиску, Р може змінюватися від мінімального (P_{min}) до максимального (P_{max}). P_{min} є величиною постійною, яка визначається сумарним найменшим гідравлічним опором потоку РРНТ, а P_{max} – величина змінна і залежить від найбільшого гідравлічного опору, який регулюється. При $P = P_{min}$ насос працює з мінімальним навантаженням, практично у режимі холостого ходу, а коли $P = P_{max}$ – насос навантажений максимально. Робота насоса при максимальному навантаженні відповідає його номінальному режиму роботи і максимальний тиск P_{max} на виході дорівнює P_{np} . Діапазон тиску РРНТ від P_{min} до P_{max} є робочим для каналу низького тиску установки.

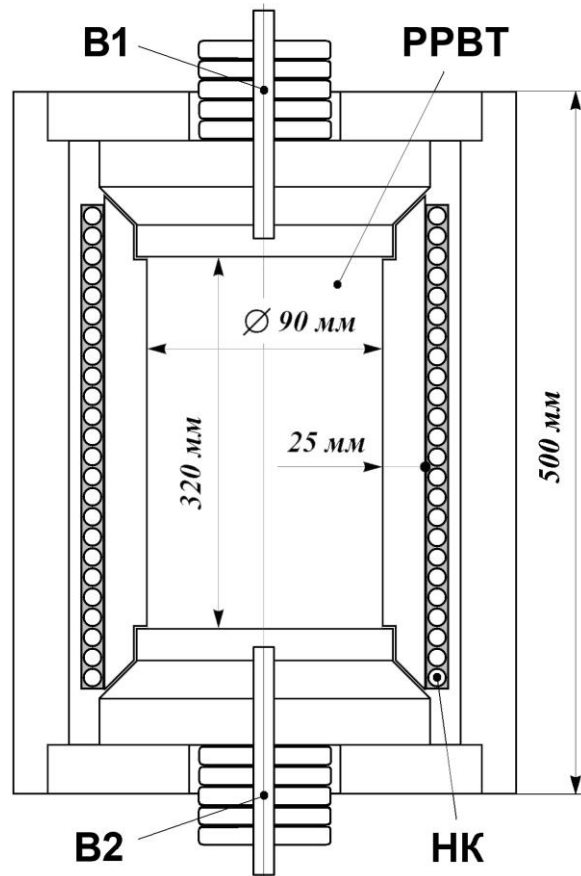


Рис. 3. Ескіз камери високого тиску з ультразвуковими випромінювачами і нагрівачем, де В1 – верхній ультразвуковий випромінювач, РРВТ – робоча рідина високого тиску, В2 – нижній ультразвуковий випромінювач, НК – нагрівач камери.

Для досягнення необхідної в експерименті величини максимального тиску РРНТ P_{max} , слугує запобіжний клапан (ЗдК). Принцип його роботи заснований на урівноваженні сили стискування замикаючої пружини (F_{sf} , де sf – “spring force”) і сили тиску РРНТ (F_P) при поточному тиску P . Коли $F_P = F_{sf}$, гідравлічна сила РРНТ набуває свого максимального значення $F_P = F_{Pmax}$ і поточний тиск дорівнює максимальному $P = P_{max}$. Налаштування запобіжного клапана на P_{max} здійснюється регулюванням сили стискування замикаючої пружини за допомогою гвинтової пари. Коли поточна сила тиску РРНТ у трубопроводі менше сили стискування замикаючої пружини, запобіжний клапан закритий. Як тільки сила тиску РРНТ стане більше сили стискування замикаючої пружини, запобіжний клапан відкривається і через нього частина робочої рідини скидається у маслозбірник (М). У результаті цього сила тиску РРНТ у трубопроводі починає зменшуватися і, коли вона знову стане менше пружної сили замикаючої пружини, запобіжний клапан закривається. Процес урівноваження сили стискування замикаючої пружини і сили тиску РРНТ є автоматичним. Запірний клапан (ЗК) може знаходитися у двох крайніх положеннях свого прохідного перерізу – “відчинено” або “зачинено” і призначений для повного відкриття/перекриття потоку робочої рідини, що надходить під тиском у циліндр низького тиску (ЦНТ) гідравлічного мультиплікатора (ГМ). Залежно від станів ЗК можливі два основні режими роботи УВТ:

- при постійному тиску, коли ЗК знаходиться у стані “зачинено”;
- при змінному тиску, коли ЗК знаходиться у стані “відчинено”.

ЗК здійснюється фіксація величин поточного тиску РРНТ і РРНТ і, відповідно, фіксація величини гідростатичного тиску, що діє на зразок.

Гідравлічний дросель (ГД) є пристроєм з регульованим значенням свого прохідного перерізу і призначений для зміни сумарного гідравлічного опору потоку РРНТ у каналі низького тиску.

Коли гідравлічний дросель повністю відкритий, його прохідний переріз приймає найбільше значення. У цьому випадку опір потоку РРНТ визначається найменшим можливим сумарним опором гідравлічних пристроїв у каналі і тиск РРНТ на виході з насоса рівний мінімальному $P = P_{min}$. При цьому насос перекачує РРНТ у маслозбірник через гідравлічний дросель (робота насоса із мінімальним навантаженням у режимі холостого ходу). Коли ж гідравлічний дросель повністю закритий, потік РРНТ через дросель припиняється. У цьому випадку насос працює в режимі максимального навантаження, створюючи на своєму виході заданий максимальний тиск, встановлений запобіжним клапаном.

Манометр М2 служить для контролю величини гідростатичного тиску, що діє на зразок. Цей тиск створюється робочою рідиною (ПЕС-3) каналу високого тиску.

Згідно з проведеними нами розрахунками максимально можливий тиск РРНТ складає $P_{max} = P_{np} = 16$ МПа, максимальний тиск РРНТ (максимальний тиск, що діє на зразок) 200 МПа. У цьому випадку коефіцієнт мультиплікації $m = 200/16 = 12,5$. Проте, з урахуванням сил тертя ущільнення поршнів по внутрішнім поверхням ЦНТ і ЦВТ, коефіцієнт мультиплікації дорівнює 20. При цьому, номінальний тиск РРНТ на виході з насоса може створити тиск РРНТ більше, ніж 200 МПа.

Висновки

У статті наведено принцип роботи і призначення окремих пристроїв експериментальної установки для дослідження комбінованої дії високого тиску до 200 МПа та ультразвуку. Після завершення пуско-налагоджувальних робіт планується провести низку експериментів з визначення кінетики інактивації шкідливої мікрофлори окремо високим тиском, окремо ультразвуком та після їх сумісної дії. Також за рахунок спроектованого датчика температур та аналого-цифрового перетворювача з відповідним програмним забезпеченням ми намагатимемося визначити гетерогенні температурні зони у камері високого тиску та в оброблюваному продукті. Після підбору та адаптації відповідних методик планується отримати нові відомості про те, яким чином високий тиск у комбінації з ультразвуком та підвищеною температурою впливає на активність ферментів, що відповідають за якість продуктів.

1. The Safe Consortium, 2004 <http://www.research-europe.com/index.php/tag/safe-consortium/>