

УДК 664.3.032

ОЦІНКА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА АНТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ ПАРОВОЇ ЖАРОВНІ

Зибайло С. М., к.т.н.,

Карнаух В. О., бакалавр

Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

Тел. (0562) 47-05-55

Анотація – в роботі проведено аналіз останніх досліджень процесу отримання соняшникової олії пресовим способом та розглянуто конструкцію типового обладнання – парової жаровні. Зроблено аналіз агресивності середовища, оцінено умови експлуатації парових жаровень та підбрано конструкційні матеріали, що дозволять підвищити надійність, зносостійкість та корозійну стійкість обладнання. Результати дослідження можуть бути впроваджені при реконструкції підприємств олійно-жирової галузі.

Ключові слова – парова жаровня, мятка, мезга, днище чана, антикорозійний захист.

Постановка проблеми. Застосування пресового способу виробництва рослинних олій складається з послідовності технологічних операцій: очищення насіння від домішок, відділення оболонки, подрібнення, теплової, волого-теплової обробки, пресування. Найбільш негативними наслідками дії корозії припадає на чанні жаровні, в яких проводять волого-теплову обробку мятки. Аварійні зупинки та порушення кондиції вихідного продукту пресового відділення олійно-екстракційних заводів тягне за собою значні економічні втрати: тільки охолодження чанної жаровні займає приблизно 14-16 годин.

Аналіз останніх досліджень. Подальший розвиток технології одержання соняшникової олії пресовим способом був спрямований у трьох напрямках: вдосконалення обладнання та строків його експлуатації, підвищення якості виробленої олії.

Проведений аналіз літератури показав, що розглянутою тематикою займаються в країнах, де найбільше всього в світі виробляється соняшникова олія (Україна, Росія).

Найбільш розповсюдженими розробками є винаходи ліній з виробництва соняшникової олії [1, 2]. Для підвищення якості готового продукту пропонується спрощення агрегатної конструкції лінії, зниженні експлуатаційних витрат, підвищення зручності обслуговування. Ці запатентовані рішення на практиці призводять до додаткових матеріальних і енерговитрат, що пов'язано з необхідністю додаткового пресування та призводить до підвищення до маслічності макухи.

В роботі [3] запропоноване обладнання нової конструкції – інфрачервона парова жаровня, де транспортує шнек пересуває олійний матеріал тільки з правого боку корпусу (при обертанні вала по годинникову стрілку), але шар матеріалу є значним по висоті. Саме це не дозволяє інфрачервоним променям при опроміненні з ІЧ-випромінювачів проникати по всій глибині матеріалу. Тому оптимальний шар мятки для інфрачервоних жаровень є 10 - 15 мм, що дозволяє скоротити час волого-теплової обробки олійного матеріалу. Але низька продуктивність та висока початкова вартість обладнання в цілому знижує ефект від застосування жаровень цього типу.

В роботах [4-8] детально описані реальні процеси, що відбуваються при волого-тепловій обробці мятки в багаточанній жаровні та проведено моделювання процесу волого-теплової обробки мятки в парових жаровнях. Моделювання цього процесу є складним теплофізичним завданням, вирішення якого дозволяє оптимізувати енергоємні технологічні режими і конструктивні параметри обладнання, призначеного для цих цілей.

У багаточанній жаровні проводиться складний технологічний процес, мета якого викликати певні фізико-хімічні зміни мятки і зміни структури її частин, які сприяють найкращому ефекту при добуванні олії. Цей процес (смаження) складається з двох етапів: перший етап зволоження і швидке нагрівання мятки і пропарювання з доведенням мятки до оптимальної для подальшої обробки початкової вологості. Другий етап - висушування зволоженої мятки зі створенням оптимальної структури - з доведенням її вологості і температури до оптимальних для пресування величин [4].

Обидва етапи смаження супроводжуються контактним (кондуктивним) нагріванням мятки від конденсації глухого пара через днища. Причому, на першому етапі - це супроводжується пропарюванням мятки, а на другому - сушінням без введення додаткового теплоносія [5].

Для численних досліджень розроблена дискретна модель процесу волого-тепловій обробки в товстому шарі [6].

Розроблено математичну модель гідродинаміки руху частинок мятки в чані жаровні, як єдиний процес переміщення потоків мятки по горизонтальних концентричних колах і вертикальним (меридіанними),

що перетинають вісь чана. Рівняння враховує конструктивні особливості мішалки, частоту обертання лопатей, їх довжину і фізичну характеристику мятки, виражене через коефіцієнти тертя. [7].

На теперішній час вивчені та проаналізовані процеси, що відбуваються при жарінні мятки масличної сировини в кожному чані багаточанної жаровні. Розроблено математичну модель процесу, що враховує гідродинаміку первинної і вторинної циркуляції, енергію зв'язку вологи з матеріалом. Чисельні рішення моделі дозволять обґрунтувати технологічні режими жаріння і конструктивні параметри жаровні [8].

За здійснення обігріву чанів глухим паром, жаровні можна розділити на три групи: жаровні з обігрівом тільки днищ; жаровні з обігрівом днищ і внутрішнього парового кільця у верхньому чані; жаровні з обігрівом днищ і бічних стінок. У багаточанних жаровнях в кожному з послідовно розташованих чанів може бути здійснено обробку різної інтенсивності [6].

Спільною рисою проаналізованих робіт [1-8] є можливість застосування розробок для виробництва олії невеликої потужності періодичної дії (переробка насіння до 10 т на добу), у тому числі з використанням сировини різних масличних культур.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Проведення оцінки умов експлуатації типового обладнання сучасних олійно-екстракційних заводів великої потужності (переробка насіння не менше 50 т/добу) та його антикорозійного захисту в теперішній час є актуальним завданням, так як позапланова зупинка обладнання призводить до втрати потужності підприємства та значних економічних втрат.

Основна частина. У більшості випадків експлуатації найбільшою проблемою є швидке корозійне руйнування промислового обладнання в пресовому відділенні: негативний вплив корозії на термін експлуатації парових жаровень.

Парова жаровня дозволяє робити теплову обробку мятки насіння соняшнику для підвищення ефективності роботи форпресів. Конструкція типової жаровні включає в себе: шість чанів, паропроникну систему, конденсатовідводну систему, систему аспірації, привід, опори, електрообладнання, металеве облицювання. Чани розташовуються один на одному вертикально з невеликим зсувом за годинниковою стрілкою. Дно і бічні стінки чанів оснащені паровою сорочкою, в які подається гострий пар. Конденсат з сорочок відводиться в конденсаційний апарат через отвори в обичайках. На бічних стінках чанів організовані люки з дверцятами, аспіраційні вікна тощо. Обичайка внизу має вікно, що випускає мезгу в маслопрес. Перемішування здійснюється ножами, розташованими горизонтально. Ножі насаджені на вертикальний вал, який проходить

через всі чани. Отвори в днищах чанів (крім останнього), оснащені клапанами, які дають можливість переміщати мезгу з одного чана на другий [9].

Весь асортимент типового вітчизняного обладнання та умови його експлуатації наведено в таблиці 1. Обладнання встановлюється максимально компактно та налагоджується синхронність продуктивності: продуктивність жаровні за насінням соняшника повинна дорівнювати продуктивності форпресу.

Таблиця 1 – Умови експлуатації типових парових жаровень

Найменування, характеристики	Модель жаровні / кількість чанів						
	Ж- 60/3	Ж- 60/4	Ж- 80/5	Ж- 100/6	Ж- 120/7	Ж- 150/7	Ж- 200/8
Діаметр чану, м	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,5	2,5
Тиск теплоносія в сорочках чанів МПа:							
- номінальний робочий,	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
- розрахунковий,	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
- випробувальний	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Температура стінок та днища чанів, °С:							
- максимально допустима,	164,3	164,3	164,3	164,3	164,3	164,3	164,3
- розрахункова	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0
Добова продуктивність за насінням соняшника, т/добу	60	60	80	100	120	150	200

Розглянемо конструкцію найбільш розповсюдженої типової шестичанної жаровні Ж-68, яка входить в комплект олієвіджимного агрегату МТЖ-68: одна жаровня Ж-68 і два маслопреси МП-68 загальною продуктивністю 150 тон/добу по переробці насіння соняшнику. Можливе використання жаровні з одним маслопресом, а також робота жаровні з іншими типами маслопресів. Чани в зборі включають в себе шість чанів, розташованих вертикально один на одному зі зміщенням один щодо одного на 20 градусів за часовою стрілкою. Конструкція чанів зварна з товщиною внутрішніх бічних стінок 10 мм, зовнішніх бокових стінок 8 мм і днищ 15 мм [10].

В даний час для оснащення найбільш продуктивних шнекових

пресів застосовують чанні жаровні з великим діаметром чана і кількістю чанів (від семи до дев'яти), в конструкції яких немає принципових змін: чани виготовляють з чавуну або зі звареної сталі.

Розглянемо умови експлуатації парової жаровні відповідно до параметрів ведення технологічного процесу. Відповідно до технологічного регламенту з виготовлення рослинних олій [11], інактивацію ферментної системи отриманої мятки проводять в шнеку-інактиваторі зволоженням і нагріванням протягом 30 - 40с насиченою парою до вологості 9,0-10,0% і температури 85 – 90°C. З шнека-інактиватора мятка надходить в багаточанну жаровню. У верхньому чані жаровні вологість мяткі доводять до 13,0-13,5%. Зволожену мятку піддають подальшої теплової обробці шари товщиною 350-450 мм, які самостійно пропарюються, з доведенням вологості при вході в прес до 5,0-6,0% і температури 100-105°C [12]. Сушка мятки здійснюється в останніх чанах жаровні перед стадією пресування. Бажана вологість матеріалу на виході з жаровні 3,5-4 %. Водяна пара (зазвичай насичений або злегка перегрітий) тиском до 0,5-0,7 МПа подається в парову сорочку днища, який конденсується і віддає тепло поверхні нагрівання, а через неї нагрівається мятка.

Таким чином, парова жаровня експлуатується в тяжких умовах, які складаються з високою вологістю та підвищених температур, які змінюються під час проходження волого-теплової обробки мятки, конденсації водяного пару, що обумовлює швидку дію корозії на днище чанів.

Днища чанів парової жаровні в більшості випадків виготовленні без нанесення жаростійкого антикорозійного покриття зі сталі марки Ст3кп (ГОСТ 380-2005).

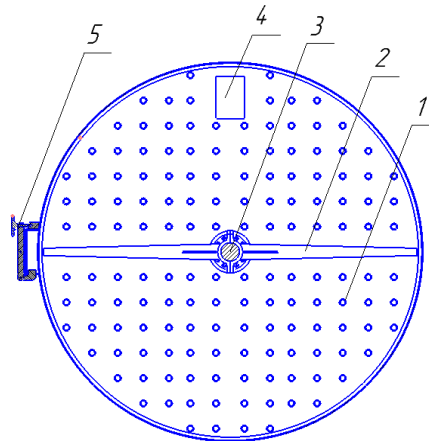
Зварні сталеві днища виготовляють з двох дисків (верхнього і нижнього), жорсткість конструкції забезпечує встановлення анкерних зв'язків по всій площі днища з кроком 250-300 мм (рис. 1). Анкерні зв'язки виконують функцію жорсткої конструкції, які попереджують руйнування дисків днища через тиск пару (не більше 1 МПа) у просторі днища.

Найбільш вразливим місцем виникнення корозії є анкерний зв'язок днища чану парової жаровні (рис. 2). Анкерний зв'язок представляє собою наглухо заварені товстостінні труби (ГОСТ 8732-78) діаметром 80 мм, які приварюються з зовнішньої сторони диску, без виступів завдяки фасці, яка робиться навколо труби.

Таким чином, з однієї сторони на зварний шов негативно впливає гострий водяний пар під тиском та високою температурою, а з іншої сторони корозійноактивне середовище мятки.

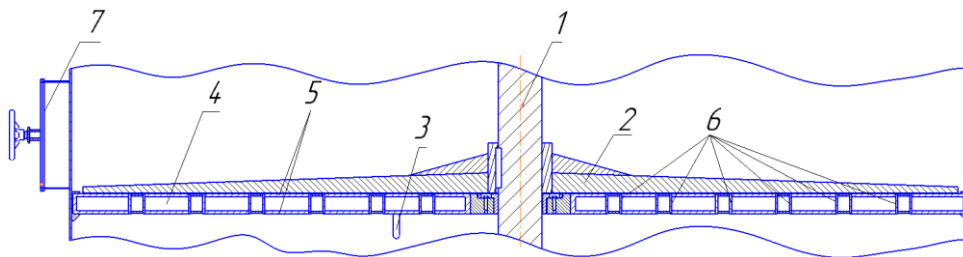
Під час профілактичного ремонту парових жаровень, який передбачено раз у два місяці, необхідно постійно усувати негативні наслідки корозії саме в місцях зварювання металу. Також доволі часто

трапляється розгерметизація днища чану в області зварного шва, наслідками якої є аварійна зупинка жаровні та пресу.



1 – анкерний зв'язок днища чану парової жаровні; 2 – ніж; 3 – вал;
4 – перепускний отвір; 5 – люк.

Рис. 1. Чан парової жаровні у розрізі (вид зверху).



1 – вал; 2 – ніж; 3 – скрепер; 4 – днище чану парової жаровні;
5 – диски днища чану парової жаровні; 6 – анкерні зв'язки днища чану парової жаровні; 7 – люк.

Рис. 2. Чан парової жаровні у розрізі, вид збоку.

У зв'язку з цим виникає необхідність забезпечення експлуатаційної надійності і довговічності обладнання, які глибоко пов'язані з його корозійною стійкістю [13].

Враховуючи, що експлуатаційний строк служби парової жаровні - 15 років, то доцільно збільшити корозійну стійкість апарату для мінімізації аварійних зупинок та подовження строку експлуатації.

Розрахунок товщини стінки та круглого днища парової жаровні проводили за методикою, наведеною в роботі [14]. Враховуючи діаметр днища 2,1 м, поправку на корозію (швидкість корозії 0,4 мм/рік) встановлена товщина стінки чану зі СтЗкп повинна становити більше 15,8 мм, товщина днища парової жаровні – більше 16,5 мм. Враховуючи проведені розрахунки, необхідно збільшити товщину стінок та днища чанів парової жаровні для забезпечення існуючих умов експлуатації.

Актуальним в наш час є саме антикорозійний захист чанів жаровень при проектуванні або реконструкції пресового відділення олійно-екстракційного заводу олійно-жирової промисловості України.

Тиск, висока температура, абразивність мятки, конструкційні особливості окремих елементів, вимоги інертності до харчового продукту: усі ці аспекти унеможливають застосування більшості традиційних методів захисту від корозії, наведених в роботах [15-18].

Найраціональнішим рішенням у цьому випадку є проведення первинного захисту від корозії - конструктивне рішення, яке підвищить корозійну тривкість та опір внутрішнім чинникам корозії за рахунок раціонального вибору сталі (ДСТУ Б В.2.6-193:2013).

Раціонально виготовити чани жаровні із корозійностійкого конструкційного матеріалу. Це дає змогу підвищити експлуатаційний строк апарату, мінімізувати аварійні зупинки, і як наслідок зменшити економічні витрати підприємства. При конструюванні жаровень необхідно застосовувати нержавіючі сталі, адже вони інертні до більшості харчових продуктів, мають високу міцність і зносостійкість.

Якщо розглядати вузол зварювання анкера з диском днища, необхідно звернути увагу на ряд важливих аспектів:

- вузол постійно схильний впливу динамічного тиску, від чого частково деформується;
- вузол постійно схильний впливу температурного розширення;
- частковий вплив вібрації валу мішалки.

При застосуванні високолегованих сталей дуже важливо враховувати їх корозійну стійкість в місцях зварювання, адже вони піддаються впливу міжкристалічної корозії.

На підставі цих вимог рекомендується виготовляти парові жаровні з високолегованих сталей аустенітно-ферритного класу марок X18H9, 2X18H9, або X18H9T [19, 20]. Немагнітна нержавіюча хромонікелева сталь 12X15Г9НД є одним з найбільш перспективних матеріалів. За багатьма параметрами ця сталь близька до сталі 12X18H10T, а по ряду властивостей успішно замінює коштовні хромонікелеві сталі при ціні на 30-40 відсотків нижче без втрати у властивостях [21].

Застосування даного класу конструкційних матеріалів при виготовленні парової жаровні дозволить значно скоротити час на профілактичний ремонт та мінімізувати ймовірність розгерметизації днища чану, що є економічно вигідно для підприємств олійно-жирової промисловості великої потужності.

Незважаючи на високу корозійну стійкість нержавіючих сталей, для забезпечення довговічності обладнання, виготовленого з них, необхідно виконувати ряд певних вимог експлуатації обладнання, наведених в роботі [18].

Висновки: 1. Парова жаровня експлуатується в тяжких умовах, які складаються з високою вологістю та підвищених температур, які змінюються під час проходження волого-теплової обробки мятки, конденсації водяного пару, що обумовлює швидку дію корозії на днище чанів.

2. Враховуючи проведені розрахунки, необхідно збільшити товщину стінок та днища чанів парової жаровні для забезпечення умов експлуатації.

3. Рационально виготовити чани жаровні із корозійностійкого конструкційного матеріалу. Це дає змогу підвищити експлуатаційний строк апарату, мінімізувати аварійні зупинки, і як наслідок зменшити економічні витрати підприємства. При конструюванні жаровень необхідно застосовувати нержавіючі сталі, адже вони інертні до більшості харчових продуктів, мають високу міцність і зносостійкість.

4. Для забезпечення довговічності обладнання, виготовленого з нержавіючих сталей, необхідно виконувати ряд певних вимог до експлуатації обладнання.

Література:

1. Линия для получения масла из растительного сырья: пат. 2171273 РФ. МПК⁷ С11В 1/06. № 2000115787/13; заявл. 21.06.2000; опубл. 27.07.2001, Бюл. № 7.

2. Линия по производству растительного масла: пат. 2149175 РФ. МПК⁷ С11В 1/06. № 98123936/13; заявл. 30.12.1998; опубл. 20.05.2000, Бюл. № 5.

3. Инфракрасная жаровня: пат. 2103336 РФ. МПК⁷ С11В 1/08. № 96117210/13; заявл. 28.08.1996; опубл. 27.01.1998, Бюл. № 1.

4. Дидур В. А., Ткаченко В. А. Технология переработки семян клещевины на малотоннажных предприятиях // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Запоріжжя, 2014. Вип. 2. С. 21-35.

4. Математическая модель кондуктивного и конвективного тепло- и массопереноса в многочанной жаровне / В. А. Дидур и др. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. 2016. № 4. С. 14-31.

5. Математическая модель влаготепловой обработки мятки семян масличных культур в многочанной паровой жаровне / А. В. Ткаченко и др. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2012. Вип. 12, т. 1. С. 23-34.

6. Моделирование гидродинамических процессов в многочанной жаровне при жарении мятки клещевины / В. А. Дидур и др. // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК. 2017. № 262. С. 11-26.

7. Modeling of the process of oilseed meat cooking in a multi-vat cooker during processing of oil raw materials / V. Didur end et. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2017. Т. 3, № 8. С. 46-54.

8. *Кичигин В. П.* Технология и технохимический контроль производства растительных масел: учебное пособие. Москва: Пищевая промышленность, 1976. 359 с.

9. *Кошевой Е. П.* Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. 368 с.

10. Виробничий технологічний регламент на виробництво соняшникової, соєвої та ріпакової олії по схемі форпресування-екстракція на екстракційній лінії фірми “ANDREOTTI IMPIANTI S.p.A.”. Кн. 1. Дніпропетровськ: ДООЗ, 2005. 429 с.

11. Математическая модель влаготепловой обработки мятки семян масличных культур в многочанной паровой жаровне / *А. В. Ткаченко* и др. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 1. С. 23-34.

12. Надійність обладнання галузі: переробні та харчові виробництва / під ред. *Ю. Г. Сухенка*. Київ: КОМПРИНТ, 2018. 485 с.

13. *Козлов С. Н., Дубинина Н. В.* Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2014. 102 с.

14. *Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В.* Коррозия и защита от коррозии. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 336 с.

15. *Федотова М. И., Дорофеева Н. Л.* Антикоррозийная защита металлов // В мире науки и инноваций. 2016. Ч. 4. С. 188-189.

16. *Тищенко Г. П., Бурмістр М. В.* Корозія і захист від корозії в харчовій промисловості: підручник у 2 кн. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. Кн. 1. 461 с.

17. *Андрущенко Б. О., Зибайло С. М.* Антикоррозійний захист обладнання пресового відділення олійно-екстракційних заводів // Наукова Україна: збірник статей II Всеукр. наук. конференції. Дніпропетровськ, 2016. С. 267-270.

18. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы: справочник / *А. П. Шлямнев* и др. Москва: Интернет Инжиниринг. 2000. 232 с.

19. *Шшиков М. М., Шшиков А. М.* Марочник сталей и сплавов промышленных стран мира: справочник. Изд. 3-е, доп. Донецк: Юго-Восток, 2005. 576 с.

20. *Матвиенко М. А., Ковалюк Е. Н., Макарова А. М.* Исследование коррозионной стойкости легированных сталей // Вестник АГТА. 2011. № 5. С. 82-86.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА ПАРОВОЙ ЖАРОВНИ

Зыбайло С. Н., Карнаух В. А.

Аннотация – в работе проведен анализ последних исследований процесса получения подсолнечного масла прессовым способом и рассмотрена конструкция типового оборудования - паровой жаровни. Сделан анализ агрессивности среды, оценены условия эксплуатации паровой жаровни, подобрано конструкционные материалы, которые позволят повысить надежность, износостойкость и коррозионную стойкость оборудования. Результаты исследования могут быть внедрены при реконструкции предприятий масложировой отрасли.

EVALUATION OF OPERATING CONDITIONS AND ANTI-CORROSIVE PROTECTION OF STEAM HEATER

S. Zybaylo, V. Karnauh

Summary

An analysis was conducted and described recent research on the process of obtaining sunflower seed oil by pressing method and considers the design of the standard equipment - steam heater. Steam heater is operated under severe conditions that consist of high humidity and elevated temperatures, which change during the course of wet-heat treatment of the meal, condensation of water vapor, which causes the rapid action of corrosion on the bottom of the vats.

Taking into account the calculations, it is necessary to increase the thickness of the walls and the bottom of the tanks of the steam heater to ensure operating conditions. Actual in our time is the most anti-corrosion protection of the steam heater in the design or reconstruction of the press department of the oil and extraction plant. The most rational solution in this case is to provide primary corrosion protection - a constructive solution that will increase corrosion resistance and resistance to internal corrosion factors at the expense of rational choice of steel.

It is rational to make steam heater vats with a corrosive structural material. This allows you to increase the operational life of the device, minimize emergency stops, and as a result, reduce the economic costs of the enterprise. When designing steam heater, it is necessary to use stainless steels, because they are inert to most food products, have high strength and wear resistance. To ensure the durability of equipment made of stainless steel, it is necessary to fulfill a number of specific requirements for the operation of equipment. The results of the study can be implemented during the reconstruction of the oil and fat industry.