

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., професора Зінченко М.Г.

на дисертаційну роботу Пироженко Євгенії Володимирівни
**«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В
ПРОЦЕСІ ПИВОВАРІННЯ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНФОРМАТИВНИХ
МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 101 – Екологія

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

За останнє десятиліття в Україні набуло значного поширення виробництво пива у малих пивоварнях. Хоча доля міні - пивоварень є низькою (менше 3%) у структурі українських виробників пива, саме вони в силу своїх технологічних можливостей стають найбільшими забруднювачами гідросфери, оскільки, будівництво очисних споруд для них фінансово ускладнене, а іноді технічно неможливе. Тому одним із першочергових завдань в галузі малого пивоваріння є зниження рівня екологічної безпеки довкілля за рахунок вдосконалення технології виробництва пива та розробки інноваційних методів очищення стічних вод. Для вирішення цих задач в першу чергу необхідно мати достовірну інформацію щодо складу та параметрів стічних вод, тому виникає проблема розробки нових інформативних методів вимірювання цих параметрів.

Автор поставив собі за мету мінімізувати рівень екологічної небезпеки міні - пивоварних виробництв шляхом створення комбінованого методу очищення стічних вод та удосконалення відповідної технологічної схеми, яка передбачає омагнічування стічних вод, на основі підвищення точності попереднього визначення нормативних параметрів пивних стоків.

Рішення означених науково-практичних задач, яке відображене у дисертації Пироженко Є.В., є безумовно своєчасним і актуальним.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано у відповідності до напрямків наукових досліджень і розробок кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія» і

госпдогвірної теми № 53085 від 03.07.2023 р. по 22.09.2023 рр. «Підвищення ефективності очищення стічних вод в процесі пивоваріння при реалізації інформативних методів контролю» в якій здобувачка була відповідальним виконавцем.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертація Пироженко Є.В. є завершеною науковою роботою, містить дві анотації – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список літератури і додатки.

Дисертаційне дослідження присвячене пошуку шляхів зниження забруднення гідросфери в зоні впливу міні -пивоварних виробництв.

У вступі в повній мірі описана актуальність дисертаційної роботи з чітким формулюванням мети і задач дослідження. Визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано зв'язок роботи з госпдогвірною тематикою НТУ «ХПІ», сформульовано наукову новизну та наведено практичне значення отриманих результатів, а також дані про особистий внесок здобувача, інформацію щодо апробації результатів дисертації, дані про публікації, обсяг та структуру дисертації.

У першому розділі проведена оцінка ступеня екологічної небезпеки від забруднення довкілля в зоні впливу міні - пивоварних виробництв, проаналізовано джерела утворення стічних вод на цих підприємствах. Проведений аналіз сучасних методів очищення пивних стоків, зроблено висновок, що для висококонцентрованих стічних вод пивоварних виробництв, які відрізняються значним коливанням складу і є електролітичними рідинами, найбільш ефективними є електромагнітні методи очищення. Детальний аналіз існуючих методів контролю параметрів стічних вод дозволив зробити обґрунтований висновок, що для визначення фізико-хімічних характеристик стічних вод найбільш доцільним є застосування електромагнітних перетворювачів (ЕП), що використовують поздовжнє магнітне поле.

На основі критичного аналізу джерел літератури щодо сучасного стану проблеми очищення стічних вод пивоваріння були сформульовані науково-практичні задачі дисертаційного дослідження, наведені положення, що виносяться на захист.

У другому розділі досліджено можливість застосування електромагнітного перетворювача (ЕП) для контролю фізико-хімічних параметрів зразків стічних вод. В рамках поставлених завдань досліджені електромагнітні інформативні методи багатопараметрового вимірювального контролю кислих, лужних та усереднених зразків пивних стоків з використанням теплового трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕП) та індуктивного параметричного електромагнітного перетворювача (ІПЕП). На основі рівнянь Дебая, Максвела і рівняння дифузії змінного електромагнітного поля у провідіну середу, що досліджується, доповнено наукові данні щодо теоретичних основ роботи ТЕП та ІПЕП. Розроблено чотирьохпараметровий метод сумісного вимірювального контролю питомого електричного опору λ , відносної діелектричної проникності ϵ_r , температури t та густини ρ кислих, лужних та усереднених зразків стічних вод. Отримано степеневі ряди, які відображують залежності відносної діелектричної проникності ϵ_r від густини ρ у діапазоні температур $t = [15...35^\circ\text{C}]$. при цьому отримані залежності представляють собою інтерполяційний поліном четвертого ступеня. Для знайденого інтерполяційного полінома розраховано сталі коефіцієнти K_0 і K_1 .

З метою підвищення точності вимірювань фізико-хімічних параметрів стічних вод безпосередньо у великих ємностях та резервуарах малих, середніх та крупних пивоварних підприємств, досліджено чотирипараметровий інформативний метод на основі занурюваного параметричного електромагнітного перетворювача ЗПЕП, який замість осердя застосовує провідний шар стічних вод. Прилад надає змогу зчитувати вимірювальну інформацію навіть у тому випадку, якщо рідина не є гомогенною.

У третьому розділі визначено похибки вимірювань компонентів сигналів електромагнітних перетворювачів на основі оцінювання характеристик функції

багатьох змінних. Виходячи з оброблюваного масиву даних, отриманих в результаті вимірювання параметрів усереднених зразків стічних вод, розраховано степеневий ряд, який відображує залежність в'язкості μ від питомої електричної провідності χ , отримана відповідна залежність (при постійному значенні тиску $P=0,101325$ МПа) в досліджуваному температурному діапазоні $[15-35^{\circ}\text{C}]$. При дослідженні трьох та чотирипараметрових методів вимірювального контролю параметрів кислих, лужних та усереднених зразків пивних стоків, визначено загальну складову вірогідності контролю, яка складає відповідно $D_{\Sigma} = 0,978$, що свідчить про ефективність використання запропонованих в дисертації інформативних методів контролю фізико-хімічних параметрів зразків пивних стоків.

У четвертому розділі запропоновано шляхи удосконалення процесу виробництва пива за рахунок встановлення додаткових температурних пауз під час затирання солоду. Використання електромагнітного методу сумісних багатопараметрових вимірювань параметрів робочих середовищ дозволило зробити точні виміри температури покроково, на протязі всього процесу затирання солоду, встановити точні інтервали оптимальних температур для різних груп ферментів і визначити додаткові температурні паузи. Встановлено, що чим ближче значення температури до нижньої межі температурного діапазону паузи, тим довше її необхідно підтримувати. Нагрів до температури 78°C призводить до псування готового продукту, залпових скидів пива і як наслідок забруднення стічних вод.

Запропоновано комбінований метод очищення пивних стоків, в основі якого лежить принцип омагнічування стоків шляхом додавання магнітної рідини (параметри якої розраховано заздалегідь) у фільтр зі стічною водою; знайдено раціональне співвідношення стічна вода: магнітна рідина (СВ:МР). Наведені результати очищення стічних вод, які свідчать про суттєве зниження показників рН, ХСК, БСК, зважених речовин.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають

вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури з 223 джерел досить широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості наукових публікацій

У *додатках* наведені акти впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво та навчальний процес, деякі результати експериментальних досліджень та список публікацій здобувача за темою дисертації.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, базується на аналізі великої кількості закордонних і вітчизняних літературних джерел, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, математичної обробки результатів і їх критичному аналізі, ґрунтовному формулюванні отриманих висновків.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна одержаних автором результатів визначається наступним:

- вперше проведена оцінка ступеня екологічної небезпеки від забруднення довкілля в зоні впливу міні-пивоварень. Задля отримання найбільш повної та достовірної інформації щодо складу стічних вод пивоварного виробництва та обґрунтованого вибору стратегії їх очищення розроблено нові багатопараметрові електромагнітні методи вимірювань фізико-хімічних параметрів пивних стоків. Розробка захищена патентом України на корисну модель, що підтверджує не тільки наукову новизну, но і практичну цінність роботи.
- вперше для підвищення точності вимірювань фізико-хімічних параметрів стічних вод пивоварних підприємств запропоновано застосування занурюваного параметричного електромагнітного перетворювача (ЗПЕП), який замість осердя використовує стовп рідини, що заповнює круглий наскрізний отвір ЗПЕП; це надає змогу зчитувати вимірювальну інформацію навіть у тому випадку, якщо рідина не є гомогенною;

- важливим новим науковим результатом досліджень є вдосконалення найбільш складного процесу пивоваріння - затирання солоду - шляхом встановлення додаткових температурних пауз. Завдяки розробленому аспіранткою електромагнітному методу багатопараметрових вимірювань параметрів робочих середовищ були виконані точні виміри температури на кожному етапі затирання солоду, встановлені інтервали оптимальних температур та тривалість дії певних груп ферментів солоду. Показано, що покрокове проходження додаткових температурних пауз сприяє повноті розчеплення солоду на прості компоненти, забезпечує органолептичні характеристики пива та попереджає залпові викиди лужних стоків.
- встановлений механізм взаємодії магнітної рідини зі стічною водою у процесі очищення пивних стоків методом омагнічування, знайдено раціональне співвідношення стічна вода : магнітна рідина (СВ:МР) = $8,7 \cdot 10^{-3} : 1$.
- подальшого розвитку отримала теорія роботи теплового трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТТЕП) та індуктивного параметричного електромагнітного перетворювача (ІПЕП) у середовищі кислих, лужних та усереднених стоків пивоварних виробництв.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректною постановкою і вирішенням завдань з використанням інформативних електромагнітних методів сумісних багатопараметрових вимірювань параметрів пивних стоків, методів математичної статистики; експериментальними дослідженнями, що підтверджують теоретичні положення.

6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Розроблено та запропоновано для впровадження комбінований метод та технологічну схему очищення стічних вод міні-пивоварень, яка передбачає застосування додаткового фільтру для омагнічування стічної води за рахунок введення попередньо розрахованої кількості магнітної рідини. Для підвищення точності вимірювань фізико-хімічних параметрів стічних вод запропоновано

застосування занурюваного параметричного електромагнітного перетворювача (ЗПЕП), який замість осердя використовує стовп рідини, що заповнює круглий наскрізний отвір ЗПЕП; це надає змогу зчитувати вимірювальну інформацію у негетомогенному середовищі, яким є пивні стоки. Показано, що застосування розробленої технології дозволяє знизити рН на 34,6%, ХСК в 7,14 рази, БСК₅ в 1,52 рази, зважені речовини в 1,52 рази та забезпечити відповідність складу очищених стоків нормам водовідведення у міську каналізацію.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у виробничий процес у ТОВ «Пивоварний завод» м. Черкаси (акт впровадження від 30.05.2022 р.), а також використовуються у навчальному процесі кафедри хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» під час викладання дисциплін: «Екологічна інженерія, теорія та конструювання екологічно безпечних реакторів та реакторних систем» та «Екологічні прилади та системи контролю характеристик досліджуваних об'єктів»

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертація виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основний зміст дисертації викладено у 19 наукових працях, у тому числі 10 статтях, з яких 8 статей, що входять до переліку наукових фахових видань МОН України, 2 статті індексуються міжнародною наукометричною базою даних Scopus, 1 патент України на корисну модель, 9 тез доповідей міжнародних і всеукраїнських конференцій.

Опубліковані праці у повній мірі відображають матеріали дисертаційної роботи автора.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

- в дисертації не наведений конкретний склад стічних вод по окремих стадіях виробничого процесу, але відомо, що у бродильному відділенні міні-пивоварного виробництва утворюється до 150 кг дріжджових стоків на 1 т. випущеного пива, які є найбільш небезпечними забруднювачами гідросфери в зоні впливу крафтового пивоваріння. Надлишкова дріжджова маса при потраплянні на очисні споруди може забивати фільтри і суттєво впливати на роботу очисного обладнання установки. Тому вважаю, що при розробці технологічної схеми доцільно було би передбачити, як першу стадію очистки стічних вод, попередню фільтрацію стоків бродильного відділення, наприклад, через шар дробини, яка утворюється як побічний продукт у процесі затирання солоду. Це дозволило би знизити на 25-30% концентрацію дріжджів у стоках, що поступають на очищення.
- у розділі 4 наведено принципову технологічну схему очищення стічних вод міні-пивоварні, основним апаратом якої є фільтр, де відбувається перемішування магнітної рідини зі стічною водою. Але в роботі не наведено описання конструкції та принципу дії фільтру, тому не зрозуміло: фільтр має оригінальну конструкцію чи є типовим апаратом? Якщо апарат є власною розробкою автора, то доцільно захистити її патентом України на корисну модель.
- в дисертації не наведені відомості щодо впливу впровадження розробленої технології очищення стоків на собівартість пива, тому потребують пояснення наступні питання: якою буде вартість аналізу зразка стічних вод електромагнітними методами? Яка вартість приготування магнітної рідини? Чи потрібен спеціальний персонал для обслуговування очисної установки, враховуючи, що в технології передбачена значна кількість ручних операцій?
- підписи деяких рисунків не відповідають їх змісту, наприклад рис. 4.2 і 4.6
- спостерігаються стилістичні та орфографічні помилки в тексті.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значимість.

9. Висновки

Дисертаційна робота Пироженко Євгенії Володимирівни «Підвищення ефективності очищення стічних вод в процесі пивоваріння при реалізації інформативних методів контролю» є завершеною науковою працею, яка містить актуальні науково-практичні положення і за своїм змістом повністю відповідає спеціальності 101 – Екологія. У роботі одержані нові науково обґрунтовані результати, які забезпечують ефективне розв'язання важливої як наукової так і практичної проблеми підвищення рівня екологічної безпеки міні - пивоварних виробництв.

Дисертаційна робота відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Пироженко Євгенія Володимирівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 – Екологія

Рецензент – кандидат технічних наук,
професор кафедри хімічної техніки
та промислової екології
Національного технічного університету
«Харківський Політехнічний Інститут»

02.01.2024

Підпис *Марія Зінченко*
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
"01" січня 2024 р.



ЗАЙЦЕВ Ю. І.

Марія ЗІНЧЕНКО