

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної екології

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

Тема роботи: Екологічнобезпечні технології утилізації технологічних рідин нафтовидобувної галузі

Виконала:

студентка Лук`яненко Є.В.

прізвище, ім'я та по батькові

Залікова книжка

№ 16510030

Керівник:

ст. викл. Аблєєва І.Ю.

посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_

Підпис \_\_\_\_\_

дата, підпис

Консультант з охорони праці:

доц. Васькін Р.А.

посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_

Захищена з оцінкою

Секретар ЕК

Васькіна І.В.

оцінка, дата

прізвище, підпис

Суми 2020

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної екології  
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Лук’яненко Єлизаветі Віталіївні

Група ТС-61

1. Тема кваліфікаційної роботи Екологічнобезпечні технології утилізації технологічних рідин нафтовидобувної галузі

2. Вихідні дані: дані щодо реологічних і калориметричних характеристик паливних емульсій на основі технологічних рідин нафтовидобувної галузі; екологічні показники якості композиційного палива; характеристика гідрокавітаційного пристрою для обробки нафтошламів, відпрацьованого бурового шламу тощо.

3. Перелік обов’язково графічного матеріалу:

1. Схема установки для гідрокавітації
2. Принципова схема технологічного процесу спалювання композиційних палив
3. Результати оцінювання ефективності гідрокавітаційної активації відходів.

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання 3 квітня 2020 р.

Керівник

Аблесєва І.Ю.

## РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 51 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 59 с., у тому числі 5 таблиць, 20 рисунків, список використаних джерел 6 сторінок.

Мета роботи полягає підвищенні рівня екологічної безпеки за допомогою впровадження раціональної комплексної системи поводження із відходами нафтовидобутку.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання: ознайомитись з причинами утворення технологічних рідин; охарактеризувати склад та властивості нафтовідходів; проаналізувати способи утилізації технологічних рідин; дослідити гідрокавітаційне обладнання для виробництва композиційних палив; встановити реологічні і калориметричні характеристики паливних емульсій; описати застосування гідрокавітації для оптимізації процесу спалювання; визначити екологічні параметри викидів.

Об'єкт дослідження – техногенне навантаження на навколишнє природне середовище при утилізації технологічних рідин нафтовидобувної галузі.

Предмет дослідження – екологічно безпечний підхід до поводження з технологічними рідинами нафтовидобувної галузі на основі технології виробництва та спалювання композиційних палив.

У кваліфікаційній роботі було розглянуто склад композиційного палива (реологічні, калориметричні, а також енерго-економічні показники). Досліджено застосування кавітаційної обробки для оптимізації процесу спалювання. Описана гідрокавітаційна установка та процес спалювання композиційних палив на основі технологічних рідин. У роботі були проаналізовані екологічні показники спалювання палива за допомогою спеціальних пристроїв.

Ключові слова: НАФТОШЛАМ, ВІДХОДИ, ГІДРОКАВІТАЦІЯ, КОМПОЗИЦІЙНЕ ПАЛИВО, СПАЛЮВАННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Літературний огляд проблеми поводження з технологічними рідинами нафтовидобувної галузі.....	7
1.1 Джерела утворення технологічних рідин.....	7
1.2 Екологічна оцінка складу та властивостей нафтовідходів.....	9
1.3 Критичний аналіз способів утилізації технологічних рідин .....	12
1.4 Патентний пошук щодо наявних установок для утилізації нафтовідходів.....	16
1.5 Зарубіжний досвід у вирішенні досліджуваного питання.....	18
Розділ 2 Гідрокавітаційне обладнання для виробництва та спалювання композиційних палив.....	23
2.1 Визначення реологічних і калориметричних характеристик паливних емульсій .....	23
2.2 Дослідження енерго-екологічних показників зразків композиційного палива.....	25
2.3 Застосування гідрокавітації для оптимізації процесу спалювання.....	28
2.4 Опис та розрахунок гідрокавітаційної установки.....	31
Розділ 3 Технологічний процес спалювання композиційних палив на основі технологічних рідин .....	36
3.1 Опис процесу.....	36
3.2 Режимні параметри.....	41
3.3 Інженерно-апаратурне оформлення.....	42
Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	48
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	48
4.2 Робота з посудинами під тиском.....	49
Висновки.....	52
Перелік джерел посилання.....	54

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подл.	Інв.№дубл.

**ТС 16510030**

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		Лім.	Аркуш	Аркушів
					<i>Екологічнобезпечні технології утилізації технологічних рідин нафтовидобувної галузі</i>		4	59
						СумДУ, фак-т ТеСЕТ, гр. ТС-61		













Таблиця 1.2 – Склад нафтошламів тривалого зберігання [6]

Вміст у нафтошламів	Номер проби				
	НШ6	НШ7	НШ8	НШ9	НШ10
Вода, % мас.	11,2	13,4	10,4	55,7	39,4
Механічні домішки, % мас.	7,9	8,7	7,6	23,0	32,5
Органічна частина, % мас.	80,9	77,9	82,0	21,3	28,1

Розгляд складу проб нафтошламів (табл. 1.1) підкреслив, що вміст у них води, механічних домішок та органічної частини переінакшуються у широких межах. При розгляданні шламонакопичувача у розрізі, залежно від глибини занурення у ньому умовно виділяється кілька шарів (рис. 1.1).

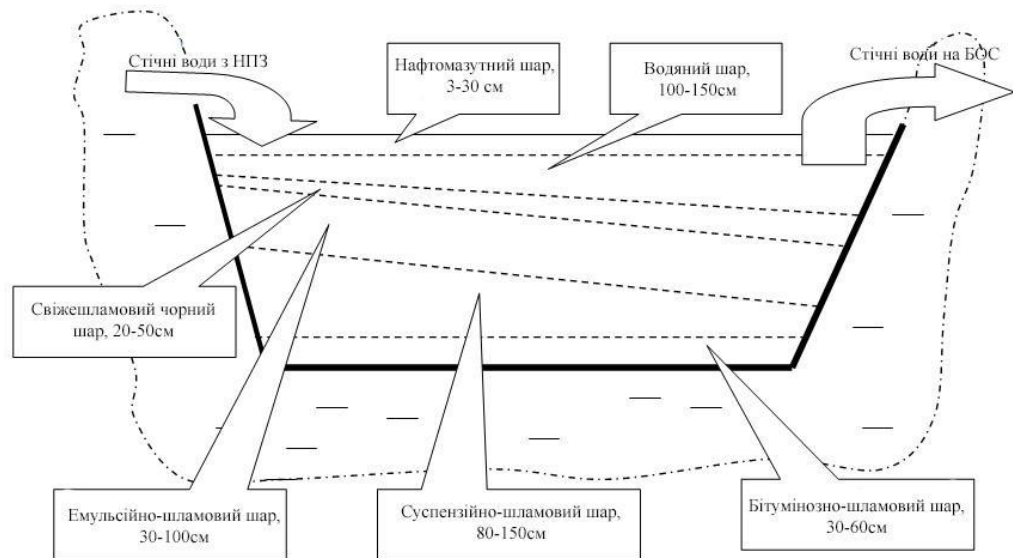


Рисунок 1.1 – Переріз шламонакопичувача для зберігання свіжих нафтошламів

Верхній шар (НШ1) – "нафтомазутний шар" – він складається із органічної (вуглеводневої) частини та порівняно невеликої кількості води і механічних домішок, цей шар нафтопродукту (так звана "пасткова нафта" або "пастковий продукт"). Його товщина може складати від декількох сантиметрів до декількох десятків сантиметрів.

Підп. і дата
Взаєм. інв. № / Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

10



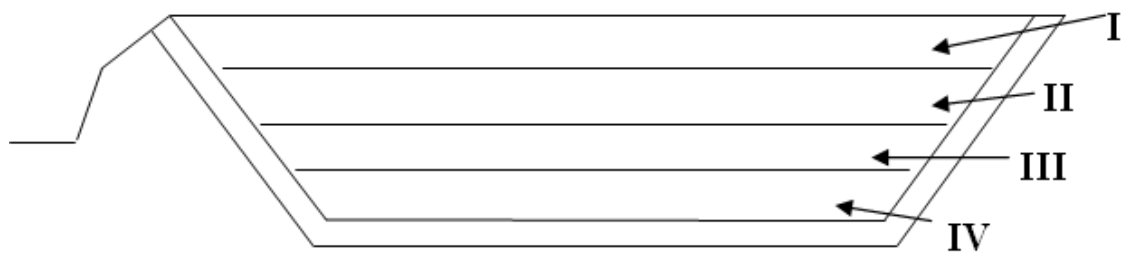


застосовуються печі усіляких типів і конструкцій: циклонні, барботажні, камерні і печі з киплячим шаром. Термічний метод дозволяє одночасно з нафтошламами спалювати забруднені фільтри, тверді побутові відходи та промаслене дрантя. Вторинні відходи, які утворюються у цьому разі, відносяться до 4 класу небезпеки і мають бути вивезені на полігони поховання.

2. Фізичні – захоронення в особливих могильниках, розділення у відцентровому полі, вакуумне фільтрування і фільтрування під тиском.

Фізичний метод утилізації характеризується утворенням неутілізованих залишків. Названий метод можна розділити на такі різновиди:

- розділення у відцентровому полі;
- гравітаційне відстоювання;
- розділення фільтруванням [8].



1 – рівень нафтопродукту; 2 – обвалування; I – шар нафтопродукту, який прогрівається у літній період; II – шар застиглому нафтопродукту; III – шар води; IV – осад; V – основа нафтошламонакопичувача

Рисунок 1.2 – Типовий нафтошламонакопичувач і його пошарова структура

3. Хімічні – екстрагування завдяки розчинникам, затвердіння через використання неорганічних (цемент, глина, рідке скло) та органічних (полістироли і епоксидні смоли, поліуретани і ін.) добавок.

Одним з далекосяжних способів утилізації нафтовміщуючих відходів відноситься і хімічний метод, який припускає капсулювання та нейтралізацію реагентом на основі оксидів лужно-земельних металів. Сутність методу хімічного капсулювання полягає в хіміко-механічній трансформації

Інв.№подл.	Підп. і дата
	Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

Арк

13



колосальна вартість реагентів; потребує застосування спеціального дозуючого устаткування; перемішуючих пристроїв; може служити тільки частиною іншого методу. З метою розділення нафтовміщуючих шламів використовують флокулянти – полімерні електроліти, які розчиняються у воді. Вони вводяться перед центрифугуванням або обробкою на пресах фільтру. Ці реагенти провокують десорбцію вологи з поверхні твердих частинок та коагуляційну взаємодію між ними, сприяють ефективну та швидку обезводненність шламів. Надзвичайно ефективно їх застосовувати для очищення комунальних стоків. Проте деякі з флокулянтів фактично не впливають на стабільність емульсії нафти у воді.

Позитивний вплив зафіксований при використанні флокулянтів разом з деемульгаторами, звично використовуваними у системі розділення водонафтових емульсій на стадіях здобичі та транспорту нафти. Результативність деемульгаторів залежить від якісного і кількісного складу природних стабілізаторів, технологічних умов їх застосування: доз, введення, місця, температури, концентрації робочого розчину, інтенсивності перемішування. Точний вибір деемульгаторів гарантує якнайповніше відділення нафти від води з механічними домішками і солями. Складний метод стабілізації емульсованих систем обумовлює застосування не індивідуальних речовин, а деемульгуючих композицій. Зазвичай для витягання з нафтошламів вуглеводневої складової використовують екстракцію. Екстрактор являється порожнистим апаратом, який обігрівається. Віг забезпечений люком для завантаження розчинника і сировини, вентилям для вивантаження одержуваних продуктів і манометром. Як розчинник використовується прямогінний бензин (КК 62 – 70 °С, НК 28 – 30 °С) [8].

5. Біологічні – мікробіологічне розкладання у ґрунті прямо в місцях зберігання та біотермічне розкладання.

Мікробіодеградація – це безпосередньо деструкція органічних речовин вивіреними культурами мікрофлори, які внесені до ґрунту. Процес біорозкладання проходить із непоганою швидкістю при оптимальній вологості

Інв. № подл.	Підп. і дата
	Взаєм. інв. № / Інв. № дубл.
	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

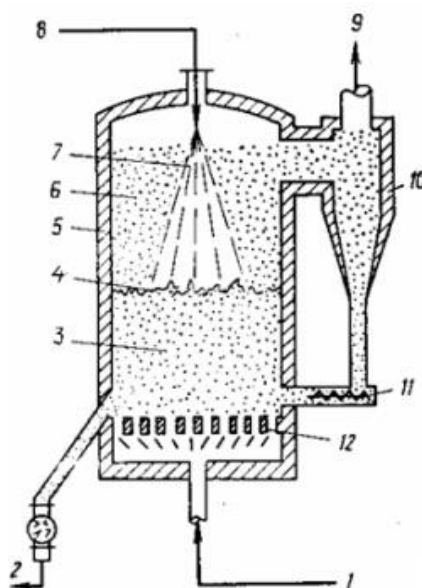
Арк

15

та температурі. Мікробіодеградація можлива у використанні у всіх випадках, там де природний мікробіоценоз досі зберіг життєздатність і видову розмаїтість. Хоча процес минає дуже повільно, його ефективність висока. Біопоглинання – це здібність деяких рослин, а також найпростіших організмів акумулювати забруднення в клітках та прискорювати біодеградацію органічних речовин [9].

#### 1.4 Патентний пошук щодо наявних установок для утилізації нафтовідходів

Один з майбутніх напрямів термічного знешкодження твердих нафтовмісних відходів є застосування принципу «киплячого шару». У печак «киплячого шару» видозміна кінетичної енергії транспортуючого газового потоку відбувається в результаті здолання опору газорозподільних ґрат і шару матеріалу (пісок), який видозмінюється із спокійного стану в стан "кипіння" [10]. Схема реактора «киплячого шару» представлена на рис. 1.3.



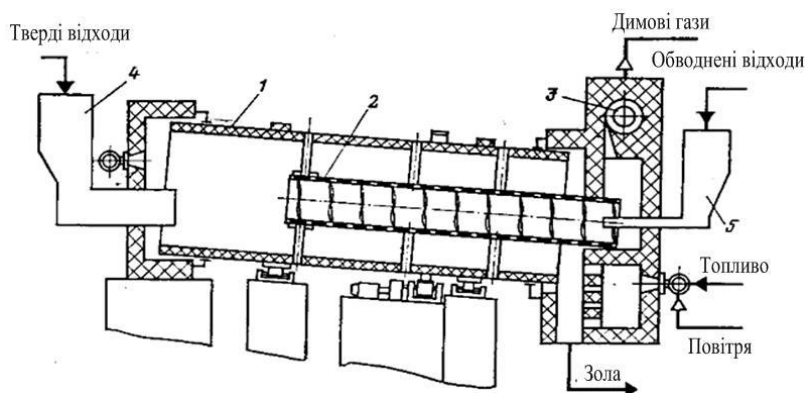
1 – повітря для псевдозрідження; 2 – твердий продукт; 3 – шар інертного носія (пісок) в твердій фазі; 4 – межа псевдозрідженого шару; 5 – корпус; 6 – віднесення золи; 7 – потік завантажуваних відходів; 8 – завантаження відходів; 9 – гази, що відходять; 10 – сепаратор; 11 – повернення пилу; 12 – ґрати

Рисунок 1.3 – Схема реактора з «киплячим шаром»

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата



Найбільшим поширенням при утилізації нафтовмісних відходів користуються установки для термічної обробки з барабанною піччю, що обертається (рис. 1.4).



1 – барабан; 2– камера термічної обробки; 3 – камера допалювання;  
4, 5 – пристрої для завантаження відходів

Рисунок 1.4 – Обертюва піч для знешкодження насичених вологою відходів

Суттєвими перевагами способу спалювання нафтовмісних відходів у печах різного типу і конструкцій є: значне зменшення кількості відходів; економічно прийнятний; об'єм золи, що утворюється, в 10 разів менше початкового продукту; при використанні як наповнювача до 10 % глини можливо отримання замість золи пористого гранульованого будівельного матеріалу – керамзиту; висока ефективність знешкодження; потенційна утилізація тепла.

Ще один спосіб переробки твердих відходів з незначними домішками нафти, утворених в результаті центрифугування нафтових шламів. переробки. Ця переробка містить стадію термічної десорбції вуглеводневих домішок та стадію адсорбції летких вуглеводнів, який відрізняється тим, що для гарантії безперервності переробки відходів з домішками нафти використовується термічна десорбція в циклічно працюючих реакційних камерах, котрі обігріваються димовими газами, утвореними у результаті часткового згорання несконденсованих вуглеводнів, утворених у результаті термічної деструкції органічної складової відходів, до того ж із системи виводиться додаткова

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

17







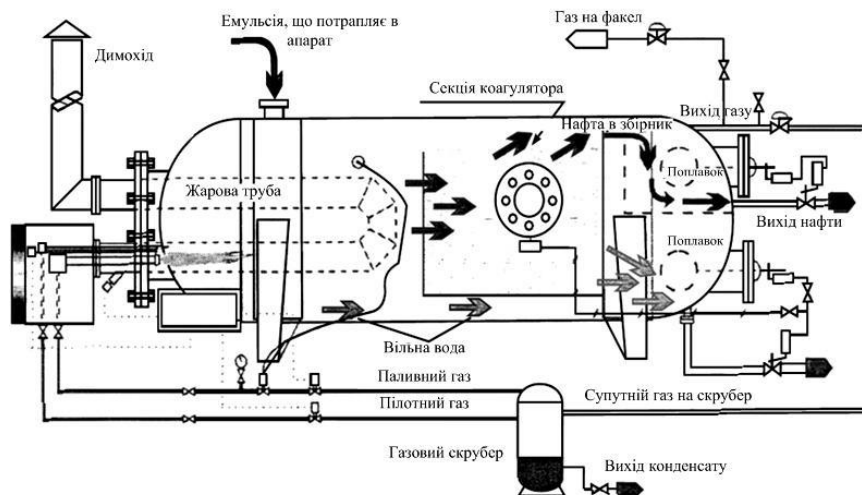


Рисунок 1.6 – Принципова схема трьохфазного сепаратора фірми «Industrial supply company»

Недолік способу – вуглеводні, які містяться у складі нафтового шламу, при спалюванні виділяють величезну кількість продуктів згоряння, основна кількість з яких токсичні. До того ж спалювання є дорогим процесом і призводить до втрат нафти, забруднення атмосфери, а також витрачається велика кількість тепла.

Фірмою "MEISSNER GRUNDBAU" була розроблена спеціальна технологія хімічної обробки нафтових відходів. Вона полягає в одночасному знешкодженні нафтопродуктів та рекультивації. Одержуваний при обробці гідрофобний продукт слугує в якості будівельного матеріалу для виробництва дорожніх покриттів. За даними фірми, вартість обробки лише однієї тонни нафтовідходів становить 30 дол. США.

Компанія "VEST ALPINE" розробила установку для хімічного затвердіння нафтових відходів, фарб, лаків, смол і так далі. В результаті компонування відходів з реагентом, основою якого є вапно, виходить порошковий гідрофобний матеріал. Складається установка з бункера для відходів, ємності для реагенту реактора-змішувача, шнекового конвеєра і дозатора. Компанія виробляє установки "Леко" в стаціонарному і мобільному виконанні. Вартість знешкодження однієї тони відходів – 30–40 дол. США.

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата



## РОЗДІЛ 2

### ГІДРОКАВІТАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТА СПАЛЮВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ПАЛИВ

#### 2.1 Визначення реологічних і калориметричних характеристик паливних емульсій

В даний час одна з найважливіших проблематик постійного розвитку економіки України є постачання енергоресурсів промисловим та комунальним підприємствам. Енергетичний попит майже повністю задовольняє усі вимоги за допомогою викопних палив, таких як природний газ і нафта. Іншими задачами, є зниження негативного ефекту промислових підприємств на НС і необхідність утилізації накопичуваних відходів різного походження. Виходячи з цього, однією з актуальніших завдань на даному етапі розвитку теплоенергетичної галузі є доцільне використання вуглеводневих енергоресурсів та розробка і впровадження новітніх ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій паливоспоживання у системі виробництва теплової енергії.

Одним з результативних рішень цих завдань є неповна заміна традиційних видів вуглеводневих енергоресурсів новими видами рідких композиційних палив, які являються стійкими емульсіями і суспензіями на основі вуглеводнів з перспективою додавання в якості паливних компонентів відходів різного походження. До складу такого виду гідросумішей входять різні промислові стоки чи їх концентрати, такі як відпрацьовані технологічні рідини нафтовидобутку і нафтопереробки, фенольні стічні води, некондиційні вуглеводні нафтозмиви, продукти переробки твердих побутових відходів, полімерів, гуми, відходи збагачувальних підприємств та комунальних очисних споруд.

"Композитне" означає, що це паливо являється композицією із компонентів в різноманітній пропорції, після їх спільної переробки виходить інший продукт з товарно-технологічними властивостями, які у дійсності

Інв.№подл. Підп. і дата Взаєм.інв.№ Інв.№дубл. Підп. і дата

Вин.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

Арк

23

відповідають наперед заданим якостям. Складовими можуть бути відходи енергетичних виробництв та місцеві енергоресурси .

Для використання у ролі енергоресурсу композиційне паливо має відповідати таким вимогам: висока питома теплота згорання, седиментаційна стійкість до стратифікації, відповідність новітнім екологічним вимогам процесу його спалювання та ін. З метою забезпечення необхідних споживчих властивостей при створенні композиційного палива найефективніша є "гідродинамічна кавітаційна активація" (ГКА) [12]. Цей метод полягає в тому, що потік рідких вуглеводнів водночас з водною фазою піддають диспергуванню в «роторно-пульсаційному апараті» (РПА) та попередній гомогенізації, а потім впливу кавітаційних полів та ультрадиспергуванню. У режимі інтенсивного гідрокавітаційного впливу здійснюється розрив суцільності середовища, утворення кавітаційних каверн з подальшим колапсом парових пухирців.

Внаслідок цього композиційне паливо має покращені енергоекологічні, реологічні та седиментаційні властивості. Альтернативні «композиційні палива» (КП) у теперішній час досить поширені, що зумовлено прагненням отримати найбільшу кількість теплової енергії із недорогих енергоресурсів, а також відходів різноманітного походження, некондиційних вуглеводнів, біомаси та ін. Одними з найбільш поширених відходів у нафтовій промисловості є шлами. Вони містять близько 10–56 % нафтопродуктів, 30–85 % води, 1–46 % твердих домішок [12]. Їх вихід складає у середньому 7 кг на 1 т переробленої нафти, що спричиняє накопичення великої кількості відходів на нафтопереробних підприємствах.

При високій кількості водної фази в'язкість паливної суміші чимало підвищується в порівнянні з вихідними компонентами. Це може призводити до погіршення якості диспергування при спалюванні. Дані негативні наслідки впливають на процеси горіння композиційного палива, через зниження якості диспергування погіршується сумішеутворення паливних крапель з окиснювачем, що сильно знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) енергетичного котла та збільшує чисельність шкідливих викидів в атмосферу. Через присутність у

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

24





3. При аналізі моторних палих важливими характеристиками є самозаймання, температура спалаху та займистості, октанове число, кислотність, фракційний склад, наявність механічних домішок та ін.

4. В'язкість. За даним показником необхідно обирати методи та пристрої для диспергування ШКРП при спалюванні.

5. Стабільність. При створенні композиційних палив, до складу яких входять компоненти, які погано змішуються і тверда фаза, стабільність паливної суміші, мабуть, одні з найважливіших показників, тому що при транспортуванні і зберіганні можливе розшарування суспензії, а це в подальшому впливає на процес спалювання при отриманні теплової енергії.

6. Одним з важливих показників можливості застосування котельного композиційного палива на теплогенеруючому обладнанні є зольність, оскільки дана характеристика показує необхідність наявності системи золошлакоочистки теплообмінних поверхонь котла, або взагалі – золошлаковидалення. При високій зольності, застосування паливної суміші на газомазутних котлах без конструктивних змін енергетичного обладнання неможливе, оскільки золові відкладення на теплообмінних поверхнях значно знижують ККД енергоустановки. Тому показник зольності застосовуваного палива є суттєвим при визначенні типу котла для спалювання того чи іншого виду ШКРП (штучного композиційного рідкого палива).

7. Фундаментальний енергетичний показник композиційного палива є ККД енергоустановки. На ній відбувається спалювання паливної суміші.

У процесі спалювання композиційного палива важливим показником є відповідність складу димових газів новітнім діючим екологічним нормативам і вимогам. На екологічні показники процесу спалювання впливають якість композиційного палива, а також режими роботи гідровихрової форсунки та пальникового пристрою. При використанні методики (рис. 2.1) [13] визначення впливу гідрокавітаційної активації (ГКА) на показники процесу створення і спалювання композиційного палива можливе встановлення деяких чинників, які впливають на склад димових газів при горінні паливної суміші.

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

Арк

26

Структура алгоритму визначення ефективності застосування гідрокавітаційної активації показана на рис. 2.1.

Одним з вагомих етапів визначення початкових даних є встановлення кількості, форми та розміру твердих часток, якщо вони наявні в рідині, то даний показник вагомо впливає на вибір режимів роботи. Якісне подрібнення та запобігання абразивного зношування поверхонь робочих органів є дуже важливим. Також наявність твердої фази в неабияк впливає на стабільність отриманого композиційного палива. Одним з важливих показників вихідних даних для створення високоякісного композиційного палива є заданий розмір крапель водної фази. Він дуже залежить від фізико-хімічних властивостей вихідних паливних компонентів та чимало впливає на гомогенність та стабільність створюваного композиційного палива [13].

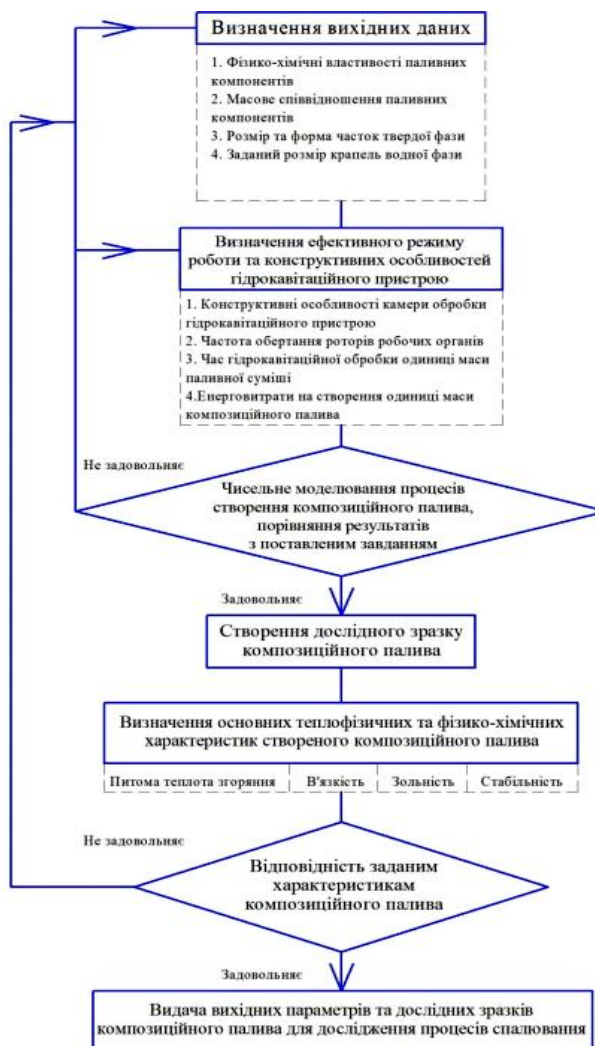


Рисунок 2.1 – Алгоритм визначення ефективності застосування гідрокавітаційної активації при створенні композиційного палива [13]

Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030





Переваги при застосуванні кавітаційних установок:

1. Можна отримати зимове дизельне паливо з літнього, при цьому об'єм паливо не втрачає і парафіни залишаються в ньому, але гранична температура фільтрування, як і температура застигання значно знижуються;

2. Піднімати октанове число прямогонного бензину;

3. Отримати нафтоводні і мазутоводні емульсії для використання у вигляді палива в теплоенергетиці (водопаливна емульсія дозволяє знизити витрату палива в котлах та печах до 21 %) – збільшити ресурс роботи котлів, знизити експлуатаційні витрати;

4. Виробляти масла, мастила з підвищеними фрикційними, антикорозійними характеристиками, що застосовуються в машинобудівній промисловості;

5. Бескрекінговая переробка сирої нафти;

6. Бензинові, дизельні і газові емульсії для використання в двигунах внутрішнього згорання на водному, автомобільному і залізничному транспорті, що дозволить заощадити паливо від 15 % до 25 %;

7. Емульгування нафти з підвищеним вмістом парафіновмісної фракції з метою запобігання налипанню парафіну на стінки трубопроводу при її транспортуванні;

8. Переробка і утилізація нафтошламів та інших вуглеводних відходів.

У ході застосування установок на котельних, крім головного і основного показника економії мазуту, спостерігається ряд позитивних ефектів:

– по-перше, при роботі котлів на емульсії різко на (60–70 %) знижується викид в навколишнє середовище токсичних окислів в газах, про що є офіційний висновок;

– по-друге, підприємство має можливість утилізації підтоварних вод, відпрацьованих масел, МОР (мастильно-охолоджувальні рідини) спалюючи їх в складі емульсії;

– по-третє, збільшується термін служби футеровки котлів і припиняється накопичення сажистих відкладень на їх внутрішніх поверхнях;

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

30

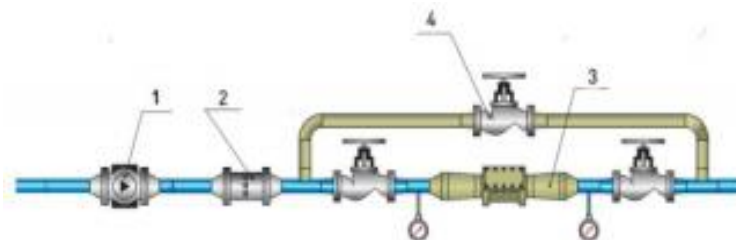
– по-четверте, припиняється коксування на форсунках. Також спостерігається безліч дрібних позитивних ефектів, які в сукупності призводять до значної економії (зниження витрат і часу на обслуговування котлів, слива підтоварної води і т.д.) [16].

## 2.4 Опис та розрахунок гідрокавітаційної установки

Галузь застосування кавітаційного впливу досить обширна, від медицини та паливної підготовки, до харчової промисловості і сільського господарства [17].

Кавітаційна обробка полягає у транспортуванні нафти по трубопроводу, далі вона потрапляє в фізичне поле впливу. Опиняючись у конфузори швидкість потоку зростає і тиск падає. У робочій камері утворюються бульбашки і збільшується температура [18]. У дифузори бульбашки лопаються, швидкість спадає, а тиск збільшується та потік стабілізується.

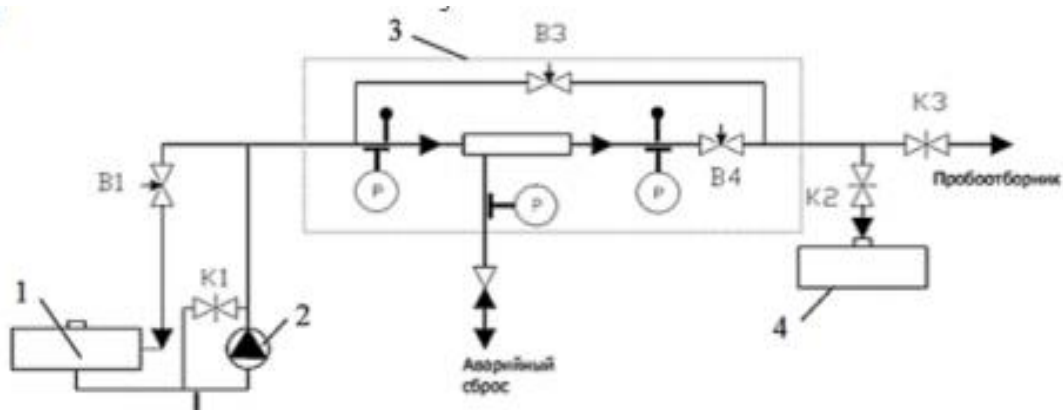
За схемою, яка зазначена на рисунку 2.2 та 2.3, спочатку стоїть насос по виходу з НПС (вхідний насос), згодом у трубопровід додається присадка через плужерний насос-дозатор крізь форсунку при температурі 50 °С, наступним стоїть гідродинамічний кавітатор та на деякій відстані регулюючий клапан. Для повного убезпечення режиму і для уникнення повторного явища кавітації вводиться запірна арматура. В'язкість нафти завдяки використанню комплексного методу зменшується в 2,5 рази.



1 – вхідний насос; 2 – плужерний насос-дозатор; 3 – гідродинамічний кавітатор; 4 – запірна арматура

Рисунок 2.2 – Апаратурно-технологічна схема установки

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	TC 16510030	Арк
						31
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		



1 – вихідна ємність; 2 – насос; 3 – робоча ділянка; 4 – приймальна ємність (резервуарний парк)

Рисунок 2.3 – Апаратурно-технологічна схема установки

Для збільшення дії «гідродинамічної кавітації» на технологічне середовище, доречно комбінувати її із зовсім іншими фізичними діями, які будуть збільшувати інтенсивність змикання кавітаційних бульбашок і подрібнювати великі порожнини, що від'єднуються від хвостовика кавітаційної каверни. Це вирішально для режимів штучної кавітації, тоді коли тиск в каверні перевищує тиск насиченої пари рідини [19]. Такими діями є вібрації кавітатора або корпуса реактора; попередня кавітація; гідравлічні пульсації; ударні хвилі. Реактори, в яких кавітацію з'єднано з іншими фізичними діями мають назву «кавітатор другого й третього покоління».

"Кавітаційний змішувач", що використовує "вимушені пульсації", кавітацію і ударні хвилі [20] дозволяє насичати стічні води набагато більшим об'ємом окислювального газу, чим відомі сьогодні пристрої (рис. 2.4). У змішувачі використано «кавітатор-конус» 3, в якому зроблено «отвори» 4. Кавітатор закріплено на «трубопроводі» 6, який з'єднаний «золотниковим пристроєм» з двома витокami повітря різного тиску. Періодичність перемикавання золотникового пристрою характеризується сигналом від вимірювача тиску, встановленого перед кавітатором. Змішувач також має «сопло Лавалє» 12, встановлене за кавітатором 3 на відстані 0,5–7,0 відрізків його висоти.

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

32



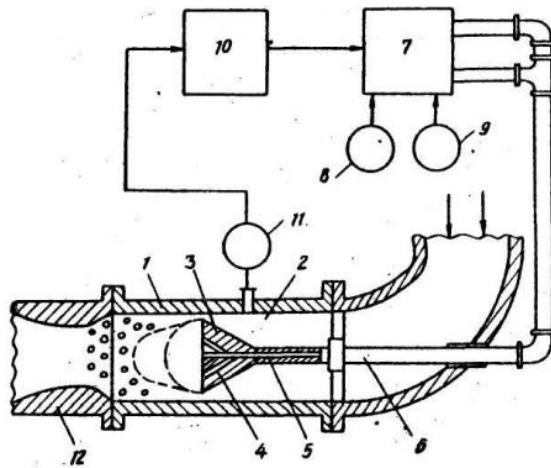
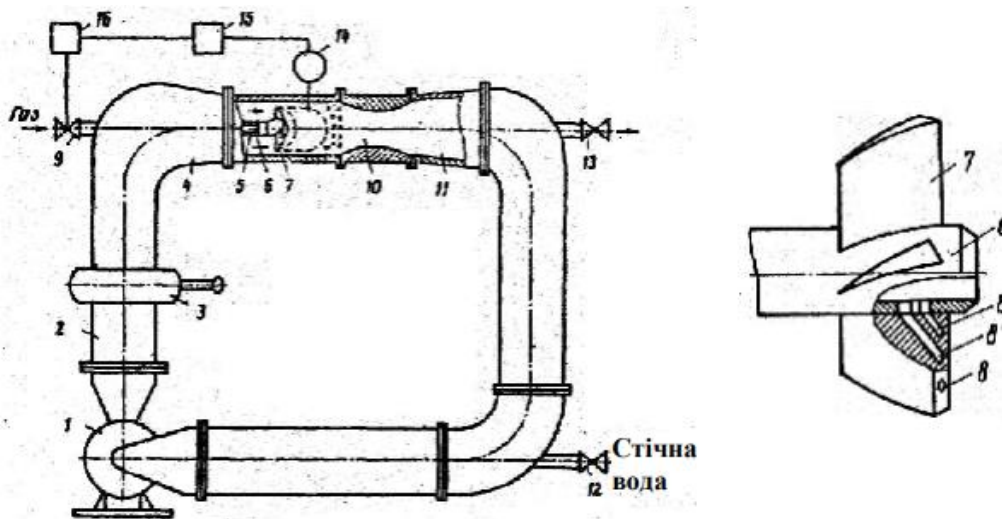


Рисунок 2.4 – Кавітаційний змішувач [20]

У роботі [21] запропоновано метод окиснення стічних вод у реакторі з циркуляційним контуром до допомогою "кавітаційного аератора проточного типу" (рис. 2.5). Його робота відбувається таким чином: циркуляційним насосом 1 стічну воду трубопроводом 2 через конфузур 4 подають у проточну камеру, де при омиванні крильчатки 7 утворюється кавітаційна каверна. Крізь порожистий вал 6 та канали у лопатях 7 повітря пульсаційно ежектують в каверну.



1 – циркуляційний насос; 2 – трубопровід; 3 – регулювальний кран; 4 – конфузур; 5 – проточна камера; 6 – порожнистий вал; 7 – кавітаційна крильчатка; 8 – канали; 9 – електрична засувка; 10 – «сопло Лавалє»; 11 – дифузур; 12 і 13 – крани.

Рисунок 2.5 – Пристрій для окиснення стічних вод і крильчатка [21]

Підп. і дата
Взаєм. інв. № / Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 16510030	Арк
						33



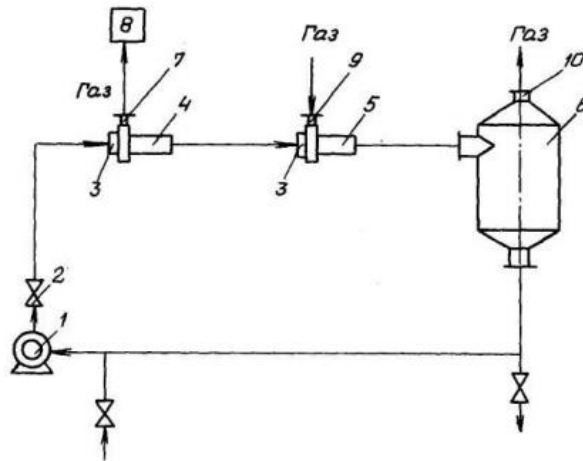


Рисунок 2.6 – Технологічна схема кавітаційного дегазатора [22]

Ми пропонуємо удосконалити роботу гідрокавітаційної установки, призначеної для оброблення нафтошламів ультразвуковими токами, додаванням етапу каталітичного видалення сірки до технологічної схеми (рис. 2.3) у межах робочої зони. Такий превентивний підхід є виправданим з позицій екологічної безпеки, оскільки забезпечує попередження утворення сполук сірки після спалювання одержаного композиційного палива. Каталітичне окиснення з використанням композиції із перекису водню та солей перехідних металів дозволяє досягати ультранизьких значень вмісту сірки (менше 10 ppm), причому якість палива не погіршується [23].

На цьому етапі буде використовуватися каталітична окиснювальна композиція, що включає пероксид водню концентрацією не менше 50%, сіль, обрану з молібдата натрію, вольфрамату натрію, ванадію сульфату, і кислоту, для проведення реакції окиснення при наступному співвідношенні в мольних частках: сіль, обрана з молібдата натрію, вольфрамату натрію, ванадію сульфату: сірка в нафти = 1: 500 до 1:50, пероксид водню: сірка в нафти = 2: 1 до 6: 1, кислота: сірка в нафти = 1: 5 до 5: 1 [24].

Композиційне паливо, одержане після гідрокавітаційної установки та етапу каталітичної десульфуризації, буде мати покращені властивості за рахунок підвищення теплоти згоряння та зниження вмісту сірки.

Підп. і дата

Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.

Підп. і дата

Інв.№подл.

ТС 16510030

Арк

35

Вип. Арк. № докум. Підп. Дат

## РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СПАЛЮВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПАЛИВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН

### 3.1. Опис процесу

Виснаження запасів вуглеводнів, низька ефективність переробки нафти, а також висока ціна цільових продуктів (бензин, дизельне паливо, мазут та ін.) ставлять актуальні завдання раціонального використання нафтопродуктів і їх часткової заміни поновлюваними джерелами енергії та різноманітними відходами. Рішенням цих завдань можуть бути технології створення і спалювання композиційних емульсійних і суспензійних палив [25–27] на основі некондиційних вуглеводнів, зокрема застаріле мазуту, танкерних змивів, кубових залишків, а також вугілля, біомаси та відходів різного походження. Найбільш ефективними методами створення якісних емульсій і суспензій є кавітаційні.

Актуальність проблеми використання композиційних палив обумовлена проблемами підвищення ефективності ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій їх отримання і спалювання. Значною мірою ефективність спалювання залежить від способу і умов отримання палив, співвідношення речовин в сумішах, розміру часток дисперсної фази, якості розпилювання в камерах згоряння, особливостей організації процесів горіння і так далі.

У відділенні нетрадиційних енерготехнологій "Інституту проблем машинобудування ім. А.Н. Підгорного НАН України" створено енерготехнологічний комплекс для одержання і спалювання «модельних» рідких композиційних палив [28] у вигляді суспензій і водних емульсій на основі вуглеводневих фракцій, вугілля та інших компонентів, схема на рис. 3.1.

Ів.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	

						<b>ТС 16510030</b>	Арк
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			36

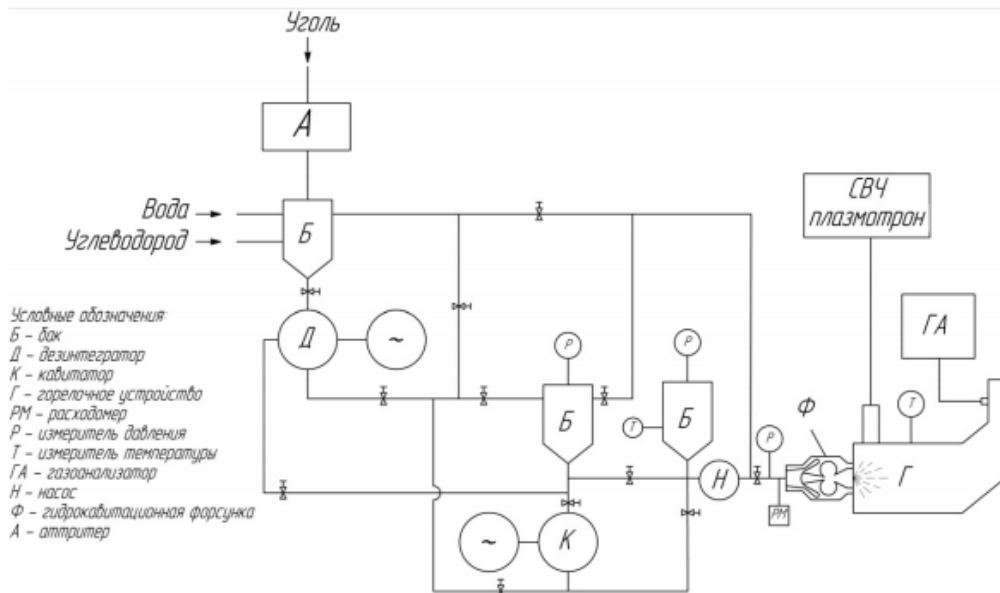


Рисунок 3.1 – Схема установок для проведения комплексних досліджень процесів отримання і спалювання композиційних палив

Мета створення цього комплексу – дослідження та огляд впливу факторів, таких як форма і розмір частинок твердої фракції, якість розпилу при спалюванні, розмір крапель водної фази, кількісне співвідношення компонентів, інтенсивність гідрокавітаційної обробки та ін. На фізико-хімічні властивості палива, енергоекологічні показники процесу спалювання та його седиментаційну стійкість.

Комплекс включає декілька дослідних і технологічних модулів. Для попереднього подрібнення твердої фази, зокрема, вугілля, використовуються "барабанний млин", а для отримання емульсій – "диспергатор". Комплекс також укомплектований "дезінтеграторами" грубого помелу, пристроєм для мокрого або сухого приготування суспензійних палив, "кавітатором" [29], "гідрокавітаційної форсункою" [30] та системою термобаротермічної і фізико-хімічної діагностики.

Установка для дослідження процесів одержання композиційних палив показана на рис. 3.2.

Підп. і дата

Взаєм.інв.№ Інв.№ дубл.

Підп. і дата

Інв.№ подл.

ТС 16510030

Арк

37

Вип. Арк. № докум. Підп. Дат



Рисунок 3.2 – Установка для отримання емульсивних і суспензійних композиційних палив

Для приготування композиційного палива із заданими споживчими властивостями використовуються різні окремі вузли комплексу або його комбінації. Так, для приготування водомазутних емульсій або водовугільних суспензій використовуються пристрої для грубого помелу, подрібнення частинок до необхідної дисперсності, гідрокавітаційної обробки, передполум'яної активації, розпилювання при спалюванні отриманого палива. За допомогою кранів, засувок, дроселів, а також варіювання швидкостей обертання роторів агрегатів є можливість проведення дослідження процесів гідрокавітаційної обробки емульсій та суспензій в широкому діапазоні зміни параметрів процесу приготування композиційного палива.

При приготуванні водовугільних суспензій вугілля попередньо подрібнюється в атриторі, потім змішується в необхідних пропорціях з водою, надходить в дезінтегратор для попереднього змішування. Після цього проводиться гідрокавітаційна обробка водовугільних суспензій в кавітаторі для подрібнення вугілля у водному середовищі, кавітаційної активації частинок вугілля, гідрокрекінгу і гомогенізації, в процесі реалізації яких частинки вугілля розкладаються на окремі органічні складові вже з активною поверхнею частинок і значною кількістю вільних радикалів. Одержане таким чином паливо є пластичним, стабільним, має високу ступінь вигорання та більш високу теплотворну здатність. Потім проводиться спалювання з метою порівняльного

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

Арк

38

дослідження отриманого палива з традиційними видами палива за визначенням шкідливих викидів в атмосферу і теплофізичних характеристик палива.

Розпил проводиться за допомогою гідрокавітаційної форсунки, застосування якої забезпечує ультрадисперсне диспергування, додаткову кавітаційну обробку палива і його перед полум'яну активацію. Застосування гідрокавітаційної форсунки показано на рис. 3.3. Вимірювання об'ємних концентрацій шкідливих речовин в димових газах при спалюванні отриманого палива виробляється за допомогою газоаналізатора, газозабірні пристрій якого встановлено в димовідвідній трубі горілчаного пристрою. Для оцінки економічної ефективності запропонованої технології отримання ІКЖТ визначення енерговитрат в процесі отримання композиційного палива за допомогою багатофункціонального пристрою "Diris A20" для вимірювання параметрів і обсягів споживаної електроенергії.

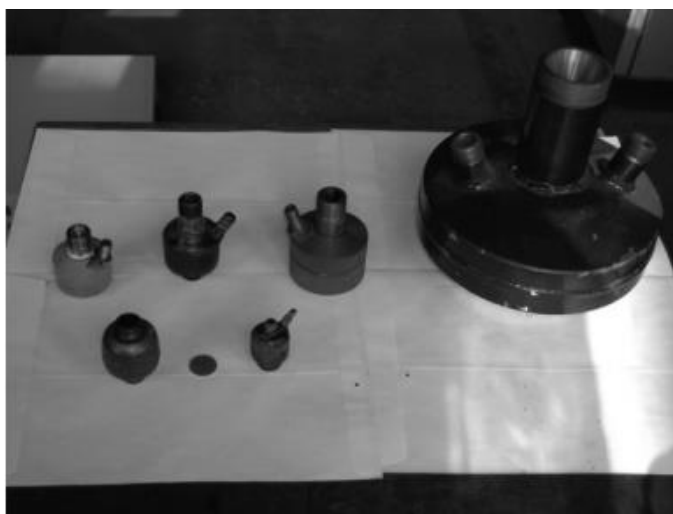


Рисунок 3.3 – Гідрокавітаційні форсунки

При приготуванні водопаливних емульсій складові компоненти надходять в ямковий диспергатор для попереднього емульгування і створення необхідної дисперсності водної фази, далі проводиться гідрокавітаційна обробка емульсії з метою зміни структурного палива - "розриву" довгих вуглеводневих ланцюжків, збільшення в паливі "легких" фракцій, поліпшення тепло-фізичних характеристик і реологічних властивостей. Далі проводиться спалювання з

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

метою порівняння енергоекологічних характеристик процесу спалювання отриманого палива з традиційними видами палива. Для отримання композиційного палива можуть застосовуватися нафтошлами, гудрони, обводнений мазут різних марок, що дозволяє не тільки отримати необхідну композиційне паливо, а й утилізувати різного виду некондиційні вуглеводні і різного виду підтоварні води з нафтовими або хімічними забрудненнями.

Спалювання отриманого композиційного палива здійснюється в пальниковому пристрої, який забезпечує тангенціальну подачу вторинного повітря і можливість підключення плазмотрона для передполум'яної активації палива. Застосування даного пристрою дозволяє провести дослідження процесів спалювання палива як прямоточним, так і вихровим способами для визначення оптимальних параметрів процесу спалювання композиційного палива, із застосуванням високореакційного палива для підсвічування, а так само без нього при використанні плазмотрона. Цей пристрій, схема якого показана на рис. 3.4, призначений для спалювання композиційних палив, горіння яких в прямоточному пальниковому пристрої ускладнено або неможливо з різних причин.

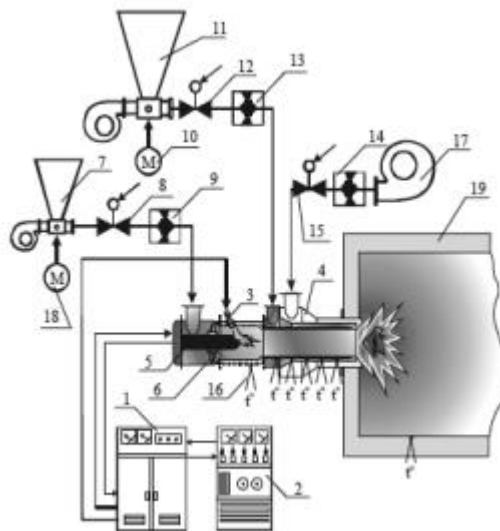


Рисунок 3.4 – Схема плазмового розжигу паливних сумішей

Внутрішня поверхня футерована вогнетривкою цеглою для створення необхідних температурних умов при спалюванні водовугільних суспензій і

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

						ТС 16510030	Арк
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			40



інших композиційних палив. У початковій частині горілчаного виробу встановлюють пережим з вогнетривкого каменю з конусним отвором для попереднього розігріву уприскуваного через форсункок палива, від гарячих стінок які нагрівають паливо і покращують процес згоряння. У верхній частині є оглядові вікна для візуалізації процесів горіння. По тракту пристрою встановлені термодатчики для визначення термічних характеристик процесу спалювання отриманого композиційного палива. Фотографії пального пристрою показані на рис. 3.5.

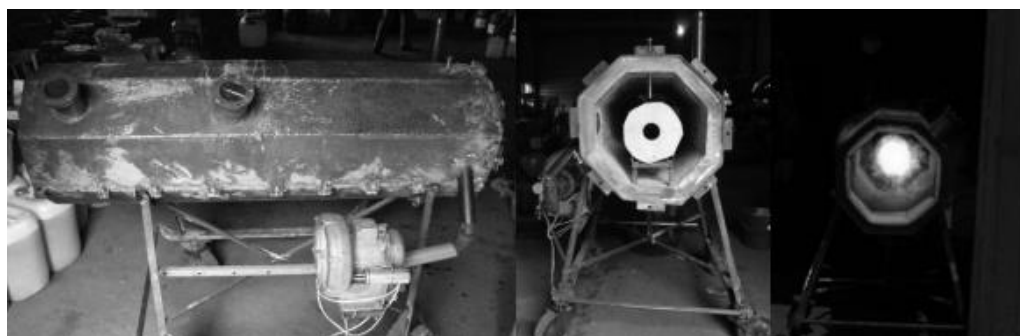


Рисунок 3.5 – Пальниковій пристрій

### 3.2 Режимні параметри

Доцільність застосування водовугільного палива в енергетичних агрегатах з передчасним вивченням теплотехнічних характеристик та конфігурації роботи даного обладнання з наміром визначення та встановлення найефективніших режимів виконання необхідної роботи на представленому виді палива розглянуто в [31]. У процесі спалювання композиційних палив необхідним є передбачення заходів зі стабілізації горіння, степеню вигорання та підтримки зазначеного рівня температури. Як видно з даної роботи, особлива увага має бути звернена на організацію розпилювання сумішей палив в топочному просторі, так як необхідні умови диспергування можуть дозволити ухилитися від утворення крапель великого розміру, що мають вплив на агломерацію твердих часток. Умовою, яка є необхідною для ефективного спалювання композиційного палива з наявністю водної фази є температура не менше 900–1000 °. У такий спосіб, якщо використовуються штучні рідкі композиційні

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 16510030	Арк
						41

палива в якості енергоресурсу для того, щоб здійснити ефективне спалювання потрібно забезпечувати ефективне розпилювання та мінімальний температурний режим топочного простору. Якість розпилювання та температурні показники процесу згоряння майже в повній мірі мають вплив на екологічні фактори процесу спалювання та ККД енергетичного котла.

Як вказано в роботі [32], основною процесу горіння є самоприскорювані реакції окиснення горючих речовин палива, в наслідок яких вихідні речовини (пальне та окиснювач) мають перетворитися на продукти згоряння, іншими словами в нові речовини з відмінними хімічними та фізичними властивостями. Видатною ознакою горіння є швидкоплинний процес, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла та стрімким підвищенням температурних показників.

У роботі [33] приведено багаточисленні результати фундаментальних експериментальних досліджень стосовно впливу стартової температури, тиску і концентрацій пального і окиснювача на швидкість горіння, а також результати стосовно залежності швидкості горіння від адіабатичної температури полум'я. Результати вище зазначених даних було проаналізовано та узагальнено в роботі [34]. Щонайпростіша теоретична модель і наближена формула для розрахунку швидкості горіння була вперше запропонована Зельдовичем та Франк-Каменецьким [35]. Моделі, що є більш складними, показані в роботах [36–38].

### 3.3 Інженерно-апаратурне оформлення

Застосування пальникового пристрою є доречним при спалюванні композиційних палив разом з промисловими відходами, вміст водної фази яких не перевищує до 50 %, тому що при вогневій утилізації екологічно небезпечних стоків за температури горіння нижче 1000 °С деструкція окремих речовин (органічних амінів, наприклад) може не проходити. Якщо вміст водної фази 70 % і більше, то відбувається повільне зниження теплонапруженості камери згоряння і в результаті температура факелу зменшується і полум'я згасає [13].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вун	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510030

Арк

42

Приклади пристроїв для спалювання палива:

1. "Пальник для спалювання водовугільного палива" (рис. 3.6), містить ствол щоб подавати водовугільне паливо, він приєднаний до сопла основної форсунки, під кутом до нього встановлене сопло допоміжної форсунки, яке поєднане зі стволом для подавання водовугільного палива, а також вентиль, який встановлено в стволі для подачі палива, сполученого із соплом допоміжної форсунки і додатковий вентиль в стволі для подачі водовугільного палива, сполучений зі соплом основної форсунки.

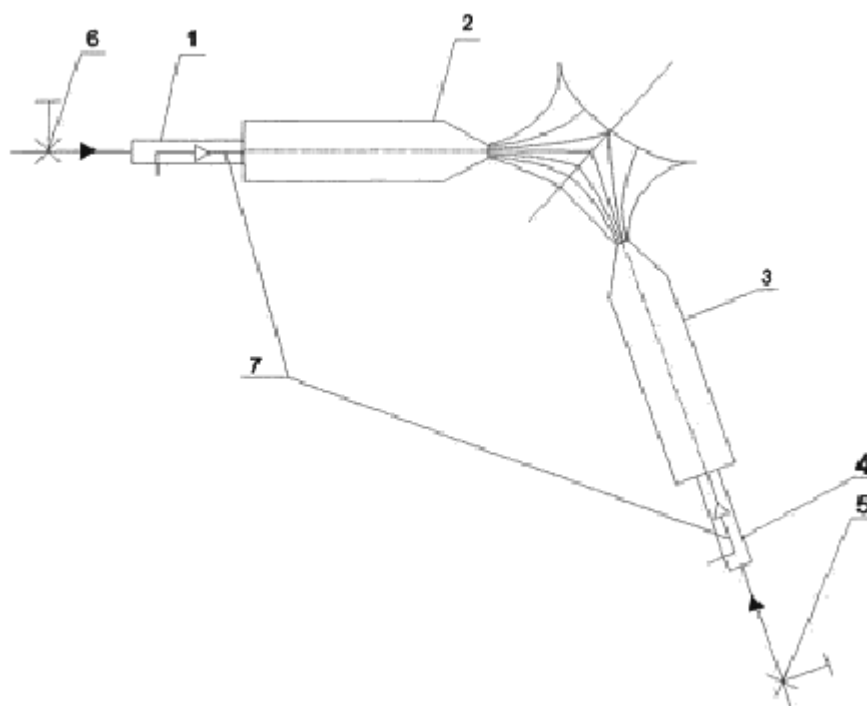


Рисунок 3.6 – Пальник для спалювання водовугільного палива [39]

Пальник працює так: водовугільне паливо надходить до пальника для подачі водовугільного палива і рухається прямолінійно, потім воно прискорюється в соплі основної форсунки та стикається з струменем водовугільного палива, яке розташованого під кутом сопла додаткової форсунки. З допомогою вентилів 5 та 6 для регулювання продуктивності здійснюється регулювання продуктивності сопел додаткової та основної форсунків. Розташування ствола для подачі стисненого повітря та водовугільного палива, сполучених із соплами основної 2 та додаткової 3

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

43

форсунок дозволяють усунути суцільність струменів водовугільного палива й підвищити якість розпилювання при збільшенні продуктивності пальника у цілому [39].

2. Пристрій для спалювання рідкого палива, орієнтовано водовугільного суспензійного (рис. 3.7). Містить вихрову камеру для спалювання рідкого палива з центральною форсункою для подачі розпилюваного палива, пристрої ступінчастої подачі під тиском для гарантування розпалювання палива та підтримки процесу горіння.

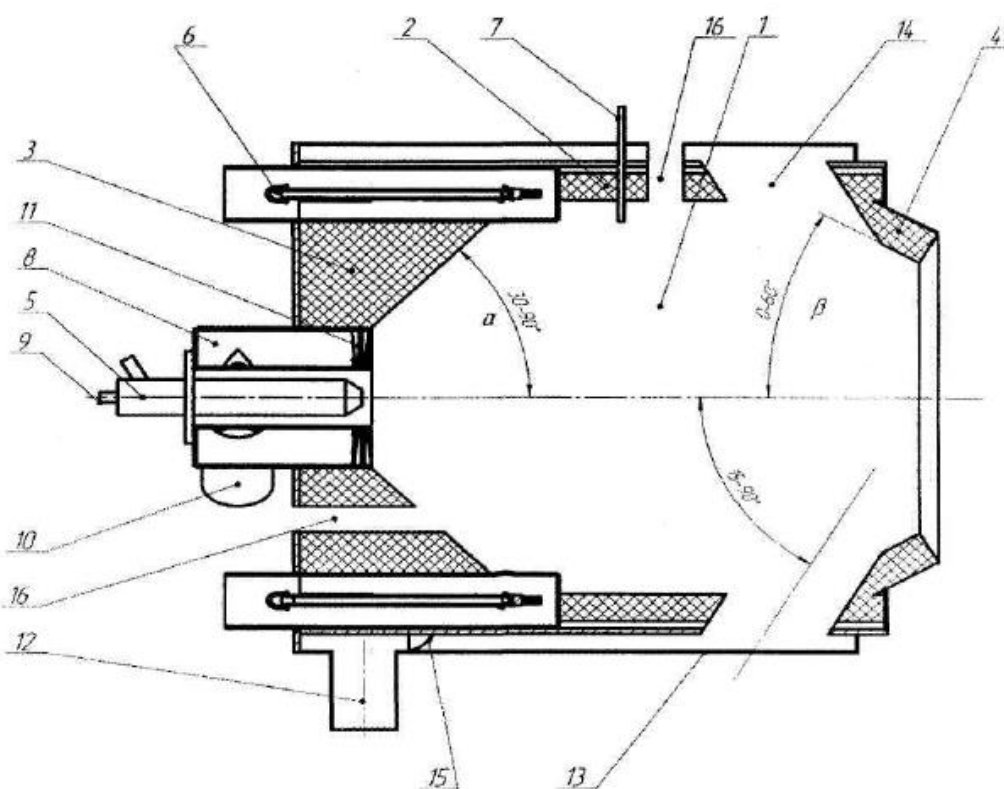


Рисунок 3.7 – Пристрій для спалювання рідкого палива, переважно водовугільного суспензійного [40]

Даний пристрій функціонує наступним чином: корпус розпалювального пальника отримує вентиляторне повітря, а в форсунка б отримує розпалювальне паливо і підпалюється. Необхідна потужність пальників відрегульовується кількістю палива, яке подається, та повітрям. Також розігрівається офутерований корпус 2 вихрових камери 1. Температура, що досягається є достатньою для підпалювання, вона підпорядковується термопарам 7, за

Інв.№подл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

допомогою форсунку 5 отримується горюча суміш, складовою якої є подріблене компресорним повітрям водовугільне паливо. Водночас, з подачею горючої суміші за допомогою направляючого апарату 8 додається повітря вентилятора, за допомогою лопаток 10 направляючого апарату 8 структурується у вихор з віссю обертання, що співпадає з віссю вихрової камери 1 муфельного передтопка. Горюча суміш підпалюється і, у процесі обертання у вихорі, пересувається до виходу з муфельного передтопка, тим часом розігріваючи офутеровання корпусу 2. Розпалювальні форсунки 6 вимикаються і методом корегування кількості палива і повітря другого ступеня, задають теплотужність передтопка, що є необхідною. У випадку, якщо теплотужність, перевищує 15 % від номінального показника, через патрубков 12 подається повітря третього ступеня, що під час проходження по периферійному повітроподавальному каналу на відрізок між офутерованим вогнетривким корпусом 2 вихрових камери 1 передтопка та кожухом 13, роздвоюється за допомогою роздільника 15 на пару потоків. Повітря третього ступеня під час змішування з вихором паливоповітряної суміші, яка горить, посилює процес горіння. Факел, який горить, виривається з корпусу вихрової камери передтопка та догоряє в топці котлоагрегату. При функціонуванні пристрою утворюється три зони горіння (запалювання, горіння, догорання), що позитивно впливають на повноту згорання паливної суміші через наявності трьох ступенів повітряних потоків, що закручуються [40].

Також паливо не перевищує і такі показники, як оксиди вуглецю (таблиця 3.1), також у створюваному паливі відсутня зола (згідно з таблицею 3.2) і оксиди азоту (таблиця 3.3) [41].

Оксиду вуглецю утворюється внаслідок неповного згорання вуглецю органічного палива.

№ подл.	Дата	№ дубл.	Дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 16510030	Арк
						45

Таблиця 3.1 – Показник емісії оксиду вуглецю  $k_{CO}$ , г/ГДж [41]

Показник	Тверде паливо	Мазут	Природний газ
Факельне спалювання:	–	15	17
котел з рідким шлаковидаленням	11,4	–	–
котел з твердим шлаковидаленням	11,4	–	–
Спалювання в киплячому шарі	9,7	–	–
Спалювання в нерухомому шарі	121	–	–
Спалювання в камері згоряння ГТУ	–	15	15

Оскільки спалювання композиційного палива відбувається у киплячому шарі, то з таблиці 3.1 видно, що оксиди вуглецю не утворюються.

Частка легкої золи, яка виноситься,  $a_{вин}$  залежить від технології спалювання палива [41]. Завдяки використанню котла з киплячим шаром цей показник не утворюється.

Таблиця 3.2 – Частка легкої золи  $a_{вин}$  при різних технологіях спалювання палива [41]

Котел	Вугілля	Мазут
З твердим (сухим) шлаковидаленням	0,95	1,00
Відкрита топка з рідким шлаковидаленням	0,80	1,00
Напіввідкрита топка з рідким шлаковидаленням	0,70	1,00
Двокамерна топка:	0,55	1,00
з вертикальним передтопком	0,30	1,00
горизонтальна циклонна	0,15	1,00
З циркулюючим киплячим шаром	0,50	–
З бульбашковим киплячим шаром	0,20	–
З нерухомим шаром	0,15	–

Зазвичай під час спалювання органічного палива утворюються оксиди азоту, проте із таблиці 3.3 видно, що цей показник у нашому випадку відсутній.

Підп. і дата
Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

46

Таблиця 3.3 – Показник емісії оксидів азоту без урахування первинних заходів, г/ГДж [41]

Технологія спалювання	Тверде паливо	Газотур-бінне паливо	Природний газ
<b>Факельне спалювання:</b>			
з рідким шлаковидаленням при спалюванні антрациту	420	–	–
з рідким шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	250	–	–
з твердим шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	230	–	–
<b>Теплова потужність котла &lt; 300 МВт:</b>			
з рідким шлаковидаленням при спалюванні антрациту	250	–	–
з рідким шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	180	–	–
з твердим шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	160	–	–
з горизонтальною циклонною топкою для кам'яного вугілля	480	–	–
Циркулюючий киплячий шар	70	–	–
Киплячий шар під тиском	100	–	–
Нерухомий шар	100	–	–
Камера згоряння газової турбіни	–	150	120

Отже, технологія спалювання у циркуляційному шарі забезпечує скорочення викидів оксидів та летких золів до нуля. Виходячи з цього можна сказати, що саме цей метод термічної утилізації нафтовмісних відходів є не тільки ефективним, а й екологічнобезпечним за рахунок попередньої підготовки палива та циркуляції повітря.

Інв.№подл. Підп. і дата Взаєм.інв.№ Інв.№дубл. Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

47

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

У ході виробничої діяльності виникають деякі недоліки і порушення системи охорони праці в частині організаційно-технічного, правового, соціально-економічного, лікувально-профілактичного та санітарно-гігієнічного захисту працівників, що можуть зазнавати дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників [42].

За основу характеризування небезпечних і шкідливих виробничих чинників покладено вимоги "ГОСТ 12.0.003-74" [43], де їх розподілено на такі групи: хімічні, фізичні, психофізіологічні та біологічні. Посилаючись на цей нормативний документ, передбачені в ньому небезпечні шкідливі чинники (НШЧ) мають двоякі змістові значення. Можуть виступати як об'єкт – носій (джерело) НШЧ, та як властивості певного об'єкта [44].

В даний час однією з основних промислових складових є нафтогазова галузь [45]. Нафтовидобуток, нафтопереробка, транспортування нафти – всі ланки, які пов'язані з нафтою є невід'ємною частиною економіки і присутні на світовому ринку в значних обсягах [46]. Характерною особливістю трудової діяльності персоналу підприємств нафти і газу [47] є вплив на працівників небезпечних і шкідливих факторів, що загрожують здоров'ю та життю (рис. 4.1).

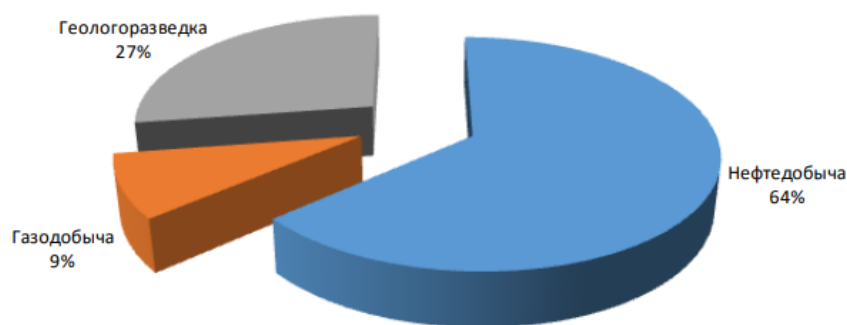


Рисунок 4.1 – Структура смертельного травматизму в нафтогазовій промисловості

На нафтопереробних заводах є велика кількість небезпечних речовин, а також використовується технологічне обладнання [48], яке може завдати шкоди

Підп. і дата
Взаєм. інв. № / Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
------	-----	----------	-------	-----

ТС 16510030

Арк

48



людям і навколишньому природному середовищу [49]. Основне місце в області професійних захворювань нафтовиків належить хворобам опорно-рухового апарату і периферичної нервової системи. Крім цього, внаслідок незбалансованого харчування зберігається ризик розвитку захворювань шлунково-кишкового тракту. Погіршення здоров'я працездатного населення, скорочення періоду активної працездатності, збільшення кількості захворювань, інвалідності і навіть ранньої смертності, які викликані професійною діяльністю.

Автори багатьох робіт стверджують, що характерною рисою сучасних виробництв є вплив на організм працюючих шкідливих чинників малої інтенсивності, які сприяють виникненню не тільки професійної хронічної, але і неспецифічної патології. Багато досліджень показали, що умови праці працюючих нафтовиків все ще залишаються несприятливими і спричиняють істотний вплив на формування «прихованої» захворюваності, яка може бути виявлена лише при поглиблених комплексних медичних обстеженнях [50].

#### 4.2 Робота з посудинами під тиском

До систем, які працюють під тиском, відносять:

- парові та водогрійні котли, теплообмінники, апарати, тощо;
- посудини, які працюють під тиском;
- трубопроводи пари та гарячої води.

До небезпека експлуатації систем, які працюють під тиском, відносяться можливості їх розгерметизації та вибухів. Результатом розгерметизації можуть бути пожежі та отруєння людей. Результатом вибуху будуть виробничі травми (механічні пошкодження, отруєння, опіки), руйнування споруд і будівель, пожежі.

Причини аварії систем під тиском можуть бути:

- порушення технологічного режиму – експлуатація за підвищених проти допустимих значень тиску чи температури;
- несправність арматури та контрольно-вимірювальних приладів;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 16510030	Арк 49
------	-----	----------	-------	-----	-------------	-----------

- потоншення стінок устаткування в результаті корозії;
- неточна конструкція установки – помилки при проектуванні, розрахунків, виготовлення чи монтажу установок;
- недотримання умов експлуатації – застосування не за призначенням та експлуатація не правильних умовах, на які розрахована установка;

Безпека експлуатації посудин, які працюють під тиском.

Посудина, що працює під тиском – герметично закрита ємність, яка призначена для виконання хімічних та теплових процесів, а також для перевезення та зберігання стиснених, рідин, зріджених і розчинених газів.

Провідним нормативним документом, що регламентує правила безпеки для проектування, будови, ремонту, реконструкції, виготовлення, монтажу, налагодження і експлуатації посудин, які працюють під надлишковим тиском є "ДНАОП 0.00-1.07-94" "Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" (зі змінами та доповненнями від 11.07.97 р.).

Вимоги Правил поширюються на:

- барокамери.
- балони із стиснутими, розчиненими або скрапленими газами під тиском більше ніж 0,07 МПа;
- цистерни та бочки для скраплених газів, тиск пари яких при температурі до 50°C перевищує 0,07 МПа;
- цистерни та інші посудини для транспортування та зберігання газів, рідин чи сипучих матеріалів, в яких тиск більше 0,07 МПа створюється для їх спорожнення;
- посудини, які працюють під тиском води з температурою більше ніж 115°C або іншої рідини за температури, яка перевищує температуру її кипіння, під тиском 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>) без урахування гідростатичного;
- пари чи газу під тиском більше 0,07 МПа;

Правила не розповсюджується на:

- посудини які працюють на плавзасобах та літальних апаратах;
- посудини спеціального військового призначення;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 16510030	Арк
						50
Вин.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

- прилади парового і водяного опалення;
- трубчаті печі;
- посудини атомних енергетичних установок;
- посудини, які виготовлені з труб внутрішнього діаметром не більше 150 мм;
- посудини ємністю не більше ніж 0,025 м<sup>3</sup>, що використовуються у дослідницьких цілях;
- посудини місткістю до 0,025 м<sup>3</sup>, для яких добуток тиску у МПа на ємність в м<sup>3</sup> не більше 0,02.

Конструювання посудин, на які розповсюджується дія правил, можуть виконувати організації, які мають дозвіл органів "Держгірпромпагляду". Конструкція посудин повинна забезпечувати надійність, працездатність, довговічність та безпеку протягом розрахункового періоду служби відповідно до паспортних даних, можливість проведення технічних опосвідчень, продування, повного опорожнення, очищення, промивання, ремонту і експлуатаційного контролю металу та з'єднань. Немаловажливою складовою стосовно забезпечення безпечної роботи посудин, які працюють під тиском, являється дотримання вимог правил що до конструкційних матеріалів, технології їх виготовлення і контролю якості. Виготовлення, реконструкцію, ремонт і налагодження, монтаж посудин можуть виконувати організації, що отримали дозвіл "Держгірпромпагляду" на підставі ствердого висновку експертно-технічного центру. Всі ці роботи повинні виконуватися за технологією, яка розроблена виконавцем до їх початку [51].

Інв. № подл.	Підп. і дата				Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.				Підп. і дата	Підп. і дата	TC 16510030	Арк 51
	Вип.	Арк	№ докум.	Підп.		Дат							

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз літературних джерел, щодо утворення технологічних рідин, а також складу та властивостей нафтовідходів, дозволив прийти до висновку, що нафтове забруднення відноситься до числа найбільших та найнебезпечніших за своїми наслідками антропогенного впливу на природні екосистеми. В умовах роботи нафтопереробних заводів нафтовідходи розміщують у спеціально відведених місцях – шламонакопичувачах, спеціальних ставках-відстійниках тощо. Їх зберігання являється недоцільним, тому у роботі запропоновано використовувати метод гідрокавітаційної обробки для полегшення процесу спалювання відходів. Зависокий вміст водної фази у складі паливної суміші значно ускладнює процес створення і подальшого використання композиційного палива в якості енергоресурсу, а при наявності в ньому твердої фази ресурс розпилюючих пристроїв неабияк знижується через абразивне зношування конструктивних деталей у процесі роботи. Було зроблено висновок, що для забезпечення результативного горіння з якісними екологічними показниками, які б відповідали сучасним нормам, створення і спалювання композиційного палива вимагає застосування спеціальних технологій і пристроїв, до яких відноситься гідрокавітаційна активація. Цей підхід дає можливість отримувати паливні суміші з гарними споживчими властивостями, проводити їх якісне спалювання з покращеними енергоекологічними ознаками.

У роботі було досліджено ефективність застосування гідрокавітаційної активації у процесі створення чи спалювання композиційних палив на базі вуглеводнів і рідких чи вологовмісних відходів. Було визначені параметри оцінки якості паливної суміші. Основні це рівень теплотворної здатності, стабільність одержуваних палив, реологічні властивості та ККД енергоустановки. Також було описано конструкцію і принцип роботи пального пристрою, в якому відбувається спалювання композиційного палива.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№/Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	------------------------	--------------

						<b>ТС 16510030</b>	Арк
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			52

Також було зроблено висновок, що завдяки попередній обробці композиційного палива у гідрокавітаційній установці та етапу каталітичної десульфуризації, паливо має покращені властивості за рахунок підвищення теплоти згоряння та зниження вмісту сірки.

Спалюванням у котлах з циркуляційним киплячим шаром та за допомогою подачі повітря ми забезпечуємо відсутність оксидів азоту та вуглецю, а тверді частки взагалі не утворюється. Це не тільки не забруднює навколишнє природне середовище, а й економить природні ресурси, завдяки використанню відходів нафтовидобувної промисловості.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 16510030	Арк
						53

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Петросова М.Р., Школярів В.М. Аналіз зарубіжних підходів до проблеми утилізації відпрацьованих нафтопродуктів. *Мир нефрепродуктов*. 2004. С. 10–15.

2. Баширов В.В., Бриль Д.М. Способи переробки нафтошламів. *Захист від корозії і охорона довкілля*. 2004. № 10. С. 7–14.

3. Do D.D. Adsorption analysis: Equilibria and kinetics / Do D.D. London: Imperial College Press, 1998. 347p.

4. Сакалова Г.В. Теоретичні основи комбінованих процесів очищення водних середовищ із використанням природних сорбентів: автореф. дис. канд. техн. наук, спец.: 21.06.01 – екологічна безпека. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2016. С. 28–29.

5. Варнавська О.В. Очищення води та нафтошламу після нафтопереробних підприємств. С. 169–171. Джерело: Цифровий репозитарій ХНУМГ ім. А.М. Бекетова.

6. Боковикова Т.Н., Шпербер Д.Р., Шпербер О.Р. Розробка ресурсозберігаючих технологій утилізації рідких і твердих нафтошламів. *Захист довкілля в нафтогазовому комплексі*. 2009. №10. С. 35–39.

7. Головцев М.В. Переробка нафтошламів з подальшим доочищенням до екологічно безпечного рівня: дис. канд. техн. наук, спец.: 03.00.16 – екологія / М.В. Головцев. Уфа, 2008. 119 с.

8. Шестопапов О. В., Бахарєва Г. Ю. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. 2015. С. 50–55.

9. Шабанова Г.Н., Корогодская А.Н., Сандул С.В., Цапко Н.С., Ткачева З.И., Быканов С.Н. Исследование влияния добавок нефтешламов на снижение энергии активации реакции разложения CaCO<sub>3</sub> портландцементной сырьевой смеси. *Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”*. Харків: НТУ «ХПИ», 2005. Вып. 27. С. 153–158.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№/Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						<b>ТС 16510030</b>	Арк
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			54



18. Иванов В.А., Серебренников Д.А., Давыдов А.Н. Анализ и классификация способов очистки наружной поверхности трубопровода от дефектной изоляции. *Экспозиция Нефть Газ*. 2013. № 6. С. 25–26.

19. Колосов О. Є., Рябцев Г. Л., Сівецький В. І., Сідоров Д. Е. та ін. Наукове видання: Високоєфективні засоби приготування біопалива. Київ: *Січка*, 2010. С. 107–110.

20. А. с. 1197714 СССР, МКИ В 01 F 5/00. Кавитационный смеситель / И. М. Федоткин, Н. А. Яхова, Л. И. Пищенко (СССР). – № 3682145/23-26; заявл. 09.11.83; опубл. 15.12.85, бюл. № 46.

21. А. с. 1708775 СССР, МКИ В 01 D 19/00. Способ окисления сточных вод и устройство для его осуществления / Н. А. Яхова, А. С. Мачинский, Н. Н. Марутовская (СССР). – № 4752881; заявл. 22.08.89; опубл. 30.01.94, бюл. № 4.

22. Козулин Ю. В. Исследование и разработка кавитационного метода обессоливания сульфатной целлюлозы: автореф. дис. канд. техн. наук / Ю. В. Козулин. Л., 1997. 20 с.

23. Окислювальне знесірчення вуглеводневої сировини пероксидом водню в присутності солей перехідних металів: автореф. дис ... канд хімічних наук: 02.00.13 / Акоюн Аргам Віліковіч. Моск. держ. ун-т ім. М.В. Ломоносова. Москва, 24 с.

24. Пат. 2619946 РФ. Спосіб знесірчення сланцевої нафти і каталітична композиція для знесірчення сланцевої нафти / Акоюн А.В., Анісімов А.В., Караханов Е.А., Кардашев С.В., Максимов А.Л., Рахманов Е.В.; заявл. 22.02.2017; опубл. 22.05.2017, бюл. № 4.

25. Кравченко О. В., Тарасенко Л. В., Бастеев А. В., Форфутдинов В. В. Обоснование целесообразности использования в промышленных энергоустановках суспензионных горючих. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2007. № 7. С. 44–48.

26. Кравченко О.В. Новые гидрокavitационные технологии в процессах эффективного получения и использования углеводородсодержащих

Підп. і дата

Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.

Підп. і дата

Інв.№подл.

ТС 16510030

Арк

56

Вип. Арк. № докум. Підп. Дат



энергоносителей. *Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут»*. Харків: 2007. № 2. С. 171–178.

27. Кравченко О. В., Суворова И. Г., Холобцев С. С. Нетрадиционные методы получения искусственных композитных жидких топлив. *Вестник СевНТУ. Механика, энергетика, экология*. Севастополь: 2008. Вып. 87. С. 34–38.

28 Гоман В.А., Мусяенко Е.Ю. Установка для исследования процессов получения и сжигания композиционных топлив. Тези доповідей конференції молодих вчених та спеціалістів “Сучасні проблеми машинобудування”. *Проблеми машинобудування НАН України*. Харків: 2012. С. 68.

29. Пат. 81479. МПК7 В01F 7/00, С 10 G 7/06. Спосіб переробки мазуту та роторно-кавітаційний диспергатор для його здійснення / І.І. Мирошниченко, І.Г. Суворова, Ю.М. Мацевитий, О.В. Кравченко, А.О. Тарелін, І.І. Мирошниченко: No 200510753; заявл. 14.11.05; опубл.10.01.08, Бюл. No 1. – 2 с.

30. Пат. 82138. МПК7 В01F 5/02, 04, 06, В02С 19/06. Змішувач форсунка / І.Г. Суворова, О.В. Кравченко: No U200606857; заявл. 19.06.2006; опубл.11.03.08, Бюл. No 3. – 4 с.

31. Шарабура Т.А. Теплотехнические показатели работы парового котла ТП-35 при работе на водоугольном топливе. *Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика*. 2013. Вип. 5. С. 161–170.

32. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч. II. Теория горения: учебное пособие. СПб.: СПбГТУРП. 2011. С. 84.

33. Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Гасилов В.С., Тучкова О.А. и др. Модели горения углеводородов. *Вестник Казанского технологического университета*. Казань, 2014. Т.1 (22). С. 123-128.

34. Полежаев Ю.В., Мостинский И.Л., Горяинов Д.А. Законы горения. М.: УНПЦ Энергомаш, 2006. 351 с.

35. Зельдович Я.Б., Франк-Каменецкий Д.А. Теория теплового распространения пламени. *Журнал физической химии*. 1983. Т. 12, №1. С. 100–105.

Інв.№подл.	Підп. і дата
	Взаєм.інв.№/Інв.№дубл.
Підп. і дата	

						<b>ТС 16510030</b>	<b>Арк</b> 57
<b>Вип.</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підп.</b>	<b>Дат</b>			

36. Махвиладзе Г.М., Робертс Дж. П., Якуш С.Е. Огненный шар при горении выбросов углеводородного топлива. Структура и динамика подъема. *Физика горения и взрыва*. 1999. № 3 (Т. 35). С. 17–19.

37. Махвиладзе Г.М., Робертс Дж. П., Якуш С.Е. Огненный шар при горении выбросов углеводородного топлива. Структура и динамика подъема. Тепловое излучение. *Физика горения и взрыва*. 1999. № 4 (Т. 35). С. 12–23.

38. Суржиков С.Т. Тепловое излучение крупномасштабных кислородноводородных шаров. Исследование вычислительных моделей. ТВТ. 1997. № 4 (Т. 35). С. 584–593.

39. Пат. 78283 F17D 1/14 Пальник для спалювання водовугільного палива // Шворнікова Г. М., Капустін Д. О., Пілавов М. В., Коваленко А. О.: опубл. 11.03.2013.

40. Пат. 52892 F23C 5/00 Пристрій для спалювання рідкого палива, переважно водовугільного суспензійного // Друпов М.О., Кузнецов М. О., Зозуля А. І., Кулібаба В. К.: опубл. 10.09.2010.

41. Викиди забруднюючих речовин у атмосферу від котлів комунального сектору потужністю менше 50 МВт: методика визначення. – Київ : 2005. 18 с.

42. Основные вредные и опасные производственные факторы. Електроний ресурс : <https://cutt.ly/jyEEI4i>.

43. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77) Опасные и вредные производственные факторы. Государственный комитет СССР по стандартам. М.: Стандарты, 1987. 5 с.

44. Єсипенко А. С. До питання про небезпечні та шкідливі виробничі чинники. *Інформаційний бюлетень з охорони праці*, № 3 (57). 2010. С. 43–46.

45. Смородова О. В., Китаев С. В., Сергеева К. В. Повышение взрывопожарной безопасности с помощью огнепреградителей насадочного типа. *Нефтегазовое дело*. 2016. №5. С. 193–206.

46. Байков И. Р., Смородова О. В., Сергеева К. В. Оценка обобщенных показателей промышленной безопасности технологических установок нефтеперерабатывающего завода. *Нефтегазовое дело*. 2016. №6. С. 138–150.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№/ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

						ТС 16510030	Арк
Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			58

