

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
молодих учених та студентів
**«Еколого-енергетичні
проблеми сучасності»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК 621.577

ББК 31.3

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-3-41 технічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «Еколого-енергетичні проблеми сучасності» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 52 с.

ISBN 978-617-7829-80-4

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: Теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.577

ББК 31.3

ISBN 978-617-7829-80-4

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

- Окисления озоном включает в себя непосредственную реакцию и непрямую реакцию.
- Скорость реакции связана с концентрацией загрязняющих веществ, озона и ·ОН.
- Таким образом, существует много факторов, которые оказывают влияние на окисление озона. В данной статье обсуждается значимость дозировки озона, времени реакции, температуры реакции и pH на окисление нефтяных загрязняющих веществ
- Дозировка озона является важным параметром при озонировании нефтесодержащих стоков и непосредственно влияет на эффективность обработки и затрат на эксплуатацию.
- Низкая дозировка влияет на низкую эффективность окисления, в то время как слишком высокая в образовании промежуточных продуктов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на последующую очистку, что приводит к увеличению инвестиций и эксплуатационных затрат.
- Когда дозировка озона ниже, чем содержание нефтепродуктов, остаточный озон имеет низкие значения, а коэффициент эффективности использования озона возрастает.
- Однако, когда дозировка озона выше, чем содержание нефтепродуктов, показатель остаточного озона является высоким, а коэффициент использования озона низким.

Выводом из этого следует: озон оказался настолько мощным, что окисление может изменить состав и структуру нефти и окислять высокие молекулярные органические вещества в низкомолекулярных органических соединения и даже разложить некоторые органические вещества непосредственно в CO₂ и H₂O.

Научный руководитель – Якуб Л.Н. д.т.н. проф..

УДК 622.692

НЕСТАНДАРТНИЙ СПОСІБ ПІДГРІВУ НАФТИ ЗА РАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ З КОМПРЕСОРНИЙ СТАНЦІЙ

**Черниш Г. С, магістрант
Одеська національна академія харчових технологій**

На території України є розвинена мережа магістральних газопроводів (МГ) і магістральних нафтопроводів (МН), Орієнтовна довжина газопроводів - 37,2 тис.км. У тому числі МГ "Уренгой-Помари-Ужгород", "Прогрес", "Союз". До складу МГ входять 72 компресорні станції (КС), які включають 112 компресорних цехів з 786 газоперекачуючими агрегатами. У тому числі 456 агрегатів з газотурбінними двигунами, 175 агрегатів з електроприводом і 155 газомотокомпресорів.

Магістральні нафтопроводи України складаються з трьох транспортних систем: «Придніпровські магістральні нафтопроводи» (протяжність магістральних нафтопроводів 2310 км), «Магістральні нафтопроводи», «Дружба» (довжина магістральних нафтопроводів 1540 км) і «Південні магістральні нафтопроводи». Загальна протяжність магістральних нафтопроводів в Україні 4569 км. На трасах цих нафтопроводів споруджена 39 нафтоперекачувальних станцій.

Природний газ транспортується по МГ під тиском. Існує два режиму транспортування газу (40 ÷ 55) бар і (55 ÷ 75) бар. Підвищення тиску природного газу досягається на компресорних станціях (КС) за допомогою газоперекачувальних агрегатів (ГПА).

При роботі ГПА відходять продукти згоряння після газотурбінного двигуна (ГТД). Вони мають температуру (370 ÷ 500) °С, а масові витрати продуктів згоряння що відходять, від 15 до 100 кг

Проблема утилізації теплових викидів на КС України практично не вирішена. На КС встановлено обмежену кількість утилізаційних тепло-обмінників для отримання гарячої води на власні потреби. Існує технічна проблема повної та глибокої утилізації теплових викидів.

Пропонується теплові викиди від роботи ГТД використовувати для підігріву нафти в магістральних нафтопроводах. Яким чином це можливо? Нафтопроводи і газопроводи на деяких ділянках території України лежать в одному технічному коридорі або перетинаються біля КС. Наприклад, один технічний коридор для магістральних трубопроводів є на ділянках: КС Луганськ – КС Лисичанськ (газопровід Ø720 мм - 2 нитки, нафтопровід Ø720 мм - 1 нить);

КС Марівка – КС Луганськ (газопровід Ø820 - 3 нитки, нафтопровід Ø720 – 1 нить).

КС Машівка – КС Кременчук (газопровід Ø720 мм - 1 нить, нафтопровід Ø720 м - 1 нить).

Магістральні трубопроводи по газу та нафти, які перетинаються поблизу газокompресорних станцій: «Роменська» «Угорське», «Долина», «Ужгород», «Кіровоград-Волинський», «Коростен».

По трасі магістральних нафтопроводів розташовуються нафтоперекачечні станції. До їх складу входять нафтеподогреватели. Для підігріву використовують вогневі підігрівачі, паливом для яких може бути природний газ або перекачується нафта, а також для підігріву використовують рекуперативні теплообмінники, що працюють на гарячій воді або парі.

Подача гарячої води або пари на нафтопідігрів можлива від котла-утилізатора близько розташованої КС. В цьому і полягає суть конструктивної пропозиції.

Відомо, що підігрів нафти з 25 °С до 40 °С знижує її в'язкість приблизно в 2 рази. Це дозволяє збільшити пропускну здатність нафтопроводу, ефективно і економічно перекачувати нафту. Наприклад, при витраті паливного газу на ГТД 5000 м³/год можливо підігрівати потік нафти з витратою 600 м³ / год на 15 °С. Підігрів здійснюється гарячою водою (110-130°С, 4 бари) від котла- утилізатора КС.

Було виконано орієнтовний розрахунок такого способу підігріву нафти. Нафтопровід знаходиться в одному технічному коридорі з газопроводом або перетинає газопровід недалеко (до 10 км) від КС. При роботі одного ГПА-16 на підігрів нафти можна направити орієнтовно 20000 кВт теплоти, утилізуємої при охолодженні продуктів згоряння з 500°С до 150°С. Підігрів нафти здійснюється технічною водою з тиском по манометру 4 бари, витратою близько 300 м³ / год, температурою 110°С на вході в нафтопідігрівач і 60°С на виході з нього. Нафтопідігрівач і теплообмінники для підігріву технічної води є кожухотрубні апарати з поверхнею теплообміну близько 1000 м². Температура нафти на вході в підігрівач 20°С, а на виході 40°С. Витрата нафти - 600 м³ / год. Зменшення значень коефіцієнтів кінематичної в'язкості нафти при її підігріві оцінюється в 2 рази, відповідальне стає можливим збільшувати швидкість нафти, що транспортується або зменшити енерговитрати на привід насосів. Відстань до наступного теплового пункту підігріву нафти приблизно 40 км. Якщо підігрівати нафту традиційним способом, наприклад, спалюючи природний газ в вогневих подогревателях, то необхідно спалити в рік до 12 млн. м³ природного газу. конструкції, режиму роботи, характеристикам і маркам перекачується нафт).

Як приклад визначимо коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти за рівнянням Вальтера при температурі 313 К, якщо відомі коефіцієнти кінематичної в'язкості при двох інших температурах:

при $T_1 = 293 \text{ K} \rightarrow \nu_1 = 0,316 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ или 31,6 сСт; Марка Urals, при 20°С

при $T_1 = 323 \text{ K} \rightarrow \nu_1 = 0,105 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ или 10,5 сСт. Марка Urals, при 50°C

Знайдемо значення доданка «а» і коефіцієнта «b»

$$b = \lg[\lg(\nu_1 + 0,8) / \lg(\nu_2 + 0,8)] / \lg(T_1 / T_2) = \\ = \lg[\lg(31,6 + 0,8) / \lg(10,5 + 0,8)] / \lg(293 / 323) = -3,7012$$

$$a = \lg[\lg(\nu_1 + 0,8) - b \cdot \lg T_1] = \lg[\lg(31,6 + 0,8) - (-3,7012) \cdot \lg 293] = 9,3095$$

З використанням знайдених значень «а» і «b» визначаємо коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти при заданій температурі 313 К.

$$\lg[\lg(\nu + 0,8)] = a + b \cdot \lg T = \lg[\lg(\nu + 0,8)] = 9,3095 + (-3,7012) \cdot \lg 313 = 0,072991$$

$$\lg(\nu + 0,8) = 10^{0,072991} = 1,18302$$

$$\nu + 0,8 = 10^{1,18302} = 15,241$$

$$\nu = 14,44 \text{ мм}^2/\text{с} \text{ або } 14,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Зменшення коефіцієнта кінематичної в'язкості нафти марки Urals при підігріві від 20°C до 40°C оцінюється в $31,6 / 14,44 = 2,19$ рази.

Для довідки. **Urals** — російська марка експортної нафти. Виходить змішанням в системі трубопроводів "Транснафти" важкої, високосернистої нафти Уралу і Поволжя (вміст сірки досягає 3,0%) з легкої западно-Сибірської нафтою Siberian Light (вміст сірки 0,57%). Підсумкове значення сірки в нафті Urals має становити $1,2 \pm 1,4\%$, щільність $860 \div 871 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Наукова проблема полягає в розробці ескізу схеми нової системи для утилізації теплових викидів ГТД з метою підігріву нафти, що транспортується, а також попереднього моделювання її роботи.

Позитивний ефект від підігріву нафти полягає в зменшенні в'язкості, що в свою чергу призводить до зменшення коефіцієнта гідравлічного опору.

Відстань від компресорної станції до нафтопроводу становить декілька кілометрів. Для підігріву нафти доцільно використовувати проміжний теплоносій. Вода технічної якості (мережева вода) повністю відповідає вимогам до якості такого проміжного теплоносія.

Підігрів технічної води гарячим газом в котлі-утилізаторі проводити не варто через можливе відкладення накипу на внутрішній поверхні труб теплообмінника і з подальшим виходом його з ладу. У котлі-утилізаторі в якості теплоносія слід використовувати котельню воду, в якій відсутні солі (карбонати). Випадання відкладень на поверхні труб з такої води не спостерігається.

Котельня вода буде передавати теплоту технічній воді в теплообмінних-ках рекуперативного типу. Температура котельні води забезпечує Маловероятно випадання карбонатів на поверхні теплообмінника. На рисунку наведена схема теплоутилізаційних системи.

Система призначена для підігріву нафти в магістральному нафтопроводі утилізаційної теплотою газів, що відходять газотурбінного двигуна компресорної станції. Все обладнання системи (котел-утилізатор, теплообмінники, трубопроводи та ін.) Розташовується між газо- і нафтопроводами, відстань між якими може бути кілька кілометрів. Для зменшення втрат тепла в навколишнє середовище гарячі труби та інші елементи системи потрібно теплоізолювати. Основними елементами системи є нагнітач природного газу, газотурбінний двигун, котел-утилізатор, поверхневі теплообмінники, теплові пункти підігріву нафти.

Опис роботи газотурбінного двигуна в наступному. Навколишнє повітря засмоктується багатоступеневим осьовим компресором і на виході має тиск $1,6 \div 2,5 \text{ МПа}$. На схемі зображено ступені осьового повітряного компресора (п.п. 5,6). Повітря надходить з компресора в камеру згоряння 4, туди ж подається природний газ з тиском $1,6 \div 2,5 \text{ МПа}$. Повітря подається в 4 рази більше, ніж потрібно для спалювання паливного газу. При згорянні паливного газу утворюються продукти згоряння з температурою 1200°C , а не 1800°C . Такий рівень температур виходить при коефіцієнті надлишку повітря 3 ... 6 і регулюється його зміною. З камери згоряння газу надходять на турбіну високого тиску 3, потім на силову турбіну 2. Турбіна високого тиску є приводом повітряного компресора, а силова турбіна обертає відцентровий компресор або нагнітач природного газу. У нагнітачі підвищується тиск технологічного природного газу від 5 до $7,5 \text{ МПа}$. Газу з температурою $400 \div 500^\circ\text{C}$, що

виходять з ГТД, направляються в котел-утилізатор 7, звідки викидаються в навколишнє середовище з температурою $140 \div 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

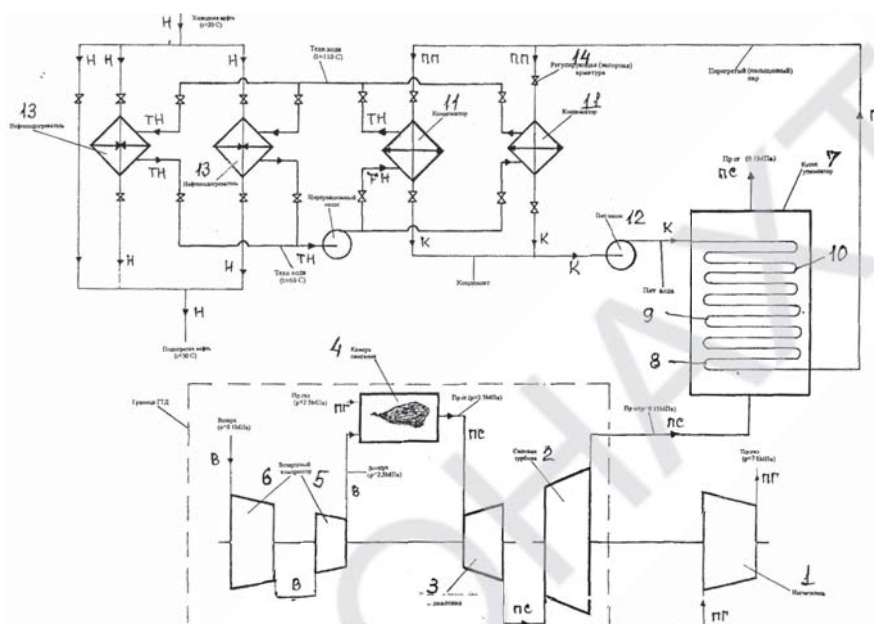


Рис.1. Принципова схема системи підігріву нафти

1 нагнітач; 2 турбіна; 3 ГТД; 4 камера згоряння; 5 ступінь високого тиску компресора; 6 щабель низького тиску компресора; 7- котел-утилізатор; 8- пароперегрівач; 9-випарник; 10 економайзер; 11- конденсатор; 12- насос; 13- нафтопідігрівач; 14- ЗРА; ПГ природний газ; в повітря; пс- продукти згоряння; ПП-перегрітий пар; к- конденсат; тн- технічна вода; н-нафта.

Теплоту газів сприймає робоче середовище, що протікає в трубному просторі теплообмінників. Гарячі гази надходять в нижню частину котла, де встановлений пароперегрівач 8. Тепло газів сприймає в ньому насичена водяна пара, яка перегрівается від температури насичення до заданої і далі надходить в теплообмінник 11.

У середній частині котла розташовується випарник 9, в якому кипить вода котельного якості. З теплообмінника пароводяна суміш, яка утворилася, направляється в барабан котла (на схемі не показаний). У барабані відбувається поділ рідкої і парової фаз. Рідина - вода при температурі кипіння направляється насосом у випарник, а насичений пар надходить в пароперегрівач 8.

У верхній частині котла розміщується економайзер, який підігріває воду-конденсат з теплообмінника 11 до кипіння. Вода з економайзера надходить в барабан котла і далі кипить у випарнику.

Теплообмінник 11 - кожухотрубний конденсатор. У міжтрубному просторі охолоджується перегрітий пар до насичення, конденсується і переохолоджується. У трубному просторі протікає проміжний теплоносій - вода технічної якості. Воду надають насоси, які включені в системи трубопроводів технічної води і конденсату. Нагріта вода з теплообмінника 11 надходить на нафтопідігрівач 13. Це - кожухотрубний теплообмінник. У міжтрубному

просторі нагрівається нафту на $20 \div 40$ °С, в трубному просторі охолоджується проміжний теплоносії- технічна вода.

Система забезпечена запірною-регулюючою арматурою, контрольно-вимірними приладами і автоматикою.

Висновок. Запропоновано принципову схему нової теплоутилізаційної системи для підігріву нафти, яка транспортується магістральним трубопроводом. Особливістю системи підігріву є утилізація теплоти продуктів згоряння на компресорній станції магістрального газопроводу.

Інформаційні джерела

1. Кологривов М.М., Сагала Т.А., Бузовський В.П. Котли – утилізатори / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 83 с.
2. Коршак А.А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов/А.А. Коршак. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 192 с.
3. Шелковский Б.И., Патыченко А.С., Захаров В.П. Утилизация и использование вторичных энергоресурсов компрессорных станций. – М.: Недра, 1991. – 180 с.
4. Коршак А. А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. Учебник для вузов/ А. А. Коршак, А. М. Нечваль. – СПб: Недра, 2008. – 488 с.

Науковий керівник: Кологривов М. М., канд. техн. наук, доцент ОНАХТ

УДК 62-9

СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ»

**Баранова О.І., студентка
Одеська національна академія харчових технологій**

В теперішній час екологічна проблема набула гострого характеру, особливо у ХХІ столітті. Науково-технічний прогрес, інтенсивна господарська діяльність людства, пошук на морі та тотальний матеріалізм, воєнні дії та міждержавні конфлікти негативним чином впливають як на Світовий океан, так і на всю планету в цілому.

Морський транспорт одним з перших зіткнувся з проблемою збереження чистоти Світового океану. В процесі нормальної експлуатації судна і роботи людей, утворюються відходи, в результаті накопичення яких з'являється проблема з їх постійної або періодичної утилізації. Поряд з іншими забруднювачами, відходи, що скидаються з суден, є стійкими і, в більшості випадків, найбільш небезпечними забруднювачами, що порушує природний процес самоочищення водного середовища. Для вирішення проблеми охорони Світового океану від забруднення і проблеми поводження з відходами на судні існують міжнародні Конвенції та угоди, що передбачають ефективні заходи запобігання забрудненню морського середовища. Згідно з Додатком V Конвенції МАРПОЛ, до даного виду забруднення відносяться всі види харчових, побутових і експлуатаційних відходів, всі види пластмас, залишки вантажу, топкова зола, кухонний жир, рибальські снасті та туші тварин. Все це утворюється в процесі нормальної експлуатації судна і підлягає або безперервному, або періодичному видаленню. Для запобігання утворенню відходів або мінімізації їх утворення на судні мають здійснюватися дії, спрямовані на: зменшення кількості предметів і матеріалів, що скеровуються на остаточну утилізацію або поховання; відмова від зайвої упаковки; закупівлі

ТЕХНОЛОГИЯ ДООЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ <i>Трухачева Д.Е.</i>	21
НЕСТАНДАРТНИЙ СПОСІБ ПІДГРІВУ НАФТИ ЗА РАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ З КОМПРЕСОРНІЙ СТАНЦІЇ <i>Черниш Г. С.</i>	22
СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ» <i>Баранова О.І.</i>	26
РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ <i>Балаєвич О.О.</i>	27
ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ <i>Білецький А.М.</i>	31
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ <i>Прунич О.В.</i>	33
РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ <i>Фелонюк С.А.</i>	36
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНИКА ПЕЛЬТЬЄ <i>Єсипенко А.М., Цісельський М.С.</i>	42
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВОЇ АВТОНОМНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ <i>Степанчиков Д.М., Прядка Є.С.</i>	44

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
молодих учених та студентів
«Еколого-енергетичні проблеми сучасності»

29-30 вересня 2020 року

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 3,02. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/1

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.