

Ministry of Education and Science of Ukraine
**ODESSA NATIONAL ACADEMY OF
FOOD TECHNOLOGIES**

International Competition of
Student Scientific Works

BLACK SEA SCIENCE 2018

PROCEEDINGS



April, 4, 2018
ODESSA, ONAFT 2018

Ministry of Education and Science of Ukraine
Odessa National Academy of Food Technologies

International Competition of Student Scientific Works

BLACK SEA SCIENCE 2018

Proceedings

April 4, 2018

Odessa, ONAFT 2018

Міністерство освіти і науки України
Одеська національна академія харчових технологій

Міжнародний конкурс студентських наукових робіт

BLACK SEA SCIENCE 2018

Матеріали

4 квітня 2018 року

Одеса, ОНАХТ 2018

UDC 001(262.5):378.4.091.27(08)
BBC 421D221
B64

Editorial board:

Prof. B. Yegorov, D.Sc., Rector of the Odessa National Academy of Food Technologies, Editor-in-chief

Prof. M. Mardar, D.Sc., Vice-Rector for Scientific and Pedagogical Work and International Relations, Editor-in-chief

Dr. I. Solonytska, Ph.D., Assoc. Professor, Director of the M. V. Lomonosov Technological Institute of Food Industry, Head of the jury of «Food Science and Technology»

Dr. O. Kalaman, Ph.D., Assoc. Professor, Director of the G. E. Weinstein Institute of Applied Economics and Management, Head of the jury of «Economics and Administration»

Prof. V. Volkov, D.Sc., Head of the Department of Applied Mathematics and Programming, Head of the jury of «Automation»

Prof. S. Artemenko, D.Sc., Head of the Department of Computer Engineering, Head of the jury of «IT Technologies and Cybersecurity»

Prof. B. Kosoy, D.Sc., Director of the V. S. Martynovsky Institute of Refrigeration, Cryotechnology and Ecoenergetics, Head of the jury of «Renewable Energy Sources and Environmental Protection»

Prof. L. Morozyuk, D.Sc., Professor of the Department of Cryogenic Engineering, Head of the jury of «Refrigerating Machines and Equipment»

Dr. V. Kozhevnikova, Ph.D., Assistant Professor of the Department of Hotel and Catering Business, ONAFT, Technical Editor

Black Sea Science 2018: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works, April 4, 2018, Odessa / Odessa National Academy of Food Technologies; B. Yegorov, M. Mardar (editors-in-chief.) [*et al.*]. – Odessa: ONAFT, 2018. – 827 p.

Proceedings of International Competition of Student Scientific Works «Black Sea Science 2018» contain the works of winners of the competition.

The author of the work is responsible for the accuracy of the information.

ISBN 978-966-289-181-2

Odessa National Academy of Food Technologies

УДК 001(262.5):378.4.091.27(08)
ББК 421D221
В64

Редакційна колегія:

Єгоров Б.В. – д.т.н., професор, ректор Одеської національної академії харчових технологій, відповідальний редактор

Мардар М.Р. – д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків, відповідальний редактор

Солоницька І.В. – к.т.н., доцент, директор технологічного інституту харчової промисловості ім. М.В. Ломоносова, голова журі напрямку «Харчова наука і технологія»

Каламан О.Б. – к.е.н., доцент, директор інституту прикладної економіки та менеджменту ім. Г.Е. Вейнштейна, голова журі напрямку «Економіка і управління»

Волков В.Е. – д.т.н., професор, зав. кафедри прикладної математики і програмування, голова журі напрямку «Автоматизація»

Артеменко С.В. – д.т.н., професор, зав. кафедри комп'ютерної інженерії, голова журі напрямку «ІТ технології та кібербезпека»

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, голова журі напрямку «Відновлювані джерела енергії та охорона навколишнього середовища»

Морозюк Л.І. – д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки, голова журі напрямку «Холодильні машини і установки»

Кожевнікова В.О. – к.т.н., асистент кафедри готельно-ресторанного бізнесу, технічний редактор

Black Sea Science 2018: Матеріали Міжнародного конкурсу студентських наукових робіт, 4 квітня 2018 р., Одеса / Одеська національна академія харчових технологій; Б. В. Єгоров, М. Р. Мардар (відп. ред.) [та ін.]. – Одеса: ОНАХТ, 2018. – 827 с.

Збірник включає матеріали робіт переможців Міжнародного конкурсу студентських наукових робіт «Black Sea Science 2018».

За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Organizing committee:

Prof. Bogdan Yegorov, D.Sc., Rector of Odessa National Academy of Food Technologies, Head of the Committee

Prof. Maryna Mardar, D.Sc., Vice-Rector for Scientific and Pedagogical Work and International Relations of Odessa National Academy of Food Technologies, Deputy Head of the Committee

Prof. Stefan Dragoev, D.Sc., Vice-Rector on Research and Business Partnerships of University of Food Technologies (Bulgaria)

Prof. Baurzhan Nurakhmetov, D.Sc., First Vice-Rector of Almaty Technological University (Kazakhstan)

Prof. Andrzej Kowalski, Dr. habil., Director of Institute of Agricultural and Food Economics (Poland)

Dr. Olivera Djuragic, Ph.D., Director of Scientific Institute of Food Technology of University of Novi Sad (Serbia)

Prof. Mircea Bernic, Dr. habil., Vice-Rector on Research and Doctorate of Technical University of Moldova (Moldova)

Prof. Jacek Wrobel, Dr. habil., Rector of West Pomeranian University of Technology (Poland)

Prof. Michael Zinigrad, D.Sc., Rector of Ariel University (Israel)

Dr. Mei Lehe, PhD, Vice-President of Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University (China)

Prof. Plamen Kangalov, Ph.D., Vice-Rector on Education of “Angel Kanchev” University of Ruse (Bulgaria)

Dr. Alexander Sychev, Ph.D., Assoc. Professor of Sukhoi State Technical University of Gomel (Belarus)

Dr. Hanna Lilishentseva, Ph.D., Assoc. Professor, Head of the Department of Merchandise of Foodstuff of Belarus State Economic University (Belarus)

Prof. Heinz Leuenberger, Ph.D., University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland (Switzerland)

Організаційний комітет:

Сторов Богдан Вікторович – д.т.н., професор, ректор – Одеська національна академія харчових технологій – голова оргкомітету

Мардар Марина Ромиківна – д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи та міжнародних зв'язків – Одеська національна академія харчових технологій – заступник голови оргкомітету

Драгоєв Стефан Георгієв – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи і бізнес партнерства – Університет харчових технологій (Болгарія)

Нурахметов Бауржан Кумаргалієвич – д.т.н., професор, перший проректор – Алматинський технологічний університет (Казахстан)

Ковальські Анджей – доктор-хабілітат, професор, директор інституту економіки сільськогосподарської та харчової промисловості – Інститут сільськогосподарської та продовольчої економіки (Польща)

Дюрагіц Олівера – доктор, директор інституту харчових технологій – Університет в м. Нові Сад (Сербія)

Бернік Мірча – доктор-хабілітат, професор, проректор з наукової роботи та докторантури – Технічний університет Молдови (Молдова)

Вробель Яцек – доктор-хабілітат, професор, ректор – Західнопоморський технологічний університет (Польща)

Зініград Михайл – доктор наук, професор, ректор – Аріельський університет (Ізраїль)

Лехе Мей – доктор, віце-президент – Технологічний інститут Нінбо Чжэцзянського університету (Китай)

Кангалов Пламен – професор, доктор, проректор з навчальної роботи – Русенський університет «Ангел Канчев» (Болгарія)

Сичев Олександр Васильович – к.т.н, доцент, проректор з навчальної роботи – Гомельський державний технічний університет ім. П. Й. Сухого (Білорусь)

Лілішенцева Анна Миколаївна – к.т.н, доцент, зав. кафедрою товарознавства продовольчих товарів – Білоруський державний економічний університет (Білорусь)

Леунбергер Хайнц – доктор, професор – Університет прикладних наук і мистецтв Північно-західної Швейцарії (Швейцарія)

**COMPARISON OF VARIOUS METHODS FOR REDUCING
GASOLINE LOSSES DURING STORAGE USING
ECOLOGICAL AND ENERGY CRITERIA**

Author – Oleksenko O.

Supervisor – Volhusheva N.

Odessa National Academy of Food Technologies

The object of analysis in the presented work is the reservoir RVS-10000 for storage of gasoline in the climatic conditions of the Odessa region. The performed ecological and energy analysis showed that the use of a gas-equilibrium system with a mechanical compressor is more appropriate than the use of a pontoon and a similar system with an injector compressor, since it provides the lowest greenhouse gas emissions for a full life cycle for the group of reservoirs. Since the reduction of greenhouse gas emissions and energy saving are inextricably linked, it can be said that the introduction of the chosen means of reducing the losses from evaporation will contribute to the fulfillment of not only the requirements of the Kyoto protocol, but also the law of Ukraine on energy conservation.

Key words: oil product losses from evaporation, atmospheric pollution, energy and resource conservation, life cycle of equipment, greenhouse gas emissions.

Purpose: to assess the expediency of using various means of reducing the loss of gasoline from evaporation during its storage at petroleum storage depots, using the ecological-energy method of analysis.

**ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ
БЕНЗИНУ ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ
ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ**

Автор – Олексенко О.В.

Керівник – Волгушева Н.В.

Одеська національна академія харчових технологій

1. Огляд існуючих методів зниження втрат нафтопродуктів від випаровування

На всіх етапах розвитку нафтової промисловості проблема втрат нафти та нафтопродуктів при транспортуванні та зберіганні змушувала удосконалювати заходи по зниженню втрат вуглеводнів від випаровування. Використання цих заходів, яке веде не тільки до скорочення втрат кількості, але й до погіршення якості продуктів, – один з пріоритетних напрямків розвитку всієї нафтової галузі. Слід зазначити, що зниження викидів вуглеводнів буде сприяти також і зменшенню антропогенного навантаження на довкілля.

Щорічно за різними оцінками [1] в атмосферу планети викидається 50 ... 90 млн т вуглеводнів. Питомі втрати вуглеводнів за рахунок їх випаровування при зберіганні в різних країнах світу складають 1,1 ... 1,5 кг на 1 т продукту [1]. Втрата легких фракцій нафтопродуктів, у першу чергу, негативно впливає на зміну їх якості. Окрім погіршення якості палив, випаровування призводить до безповоротних кількісних втрат цінної нафтової сировини. Тобто, проблема втрат палив від випаровування – комплексна економічно-еколого-енергетична проблема [2]. Тому вдосконалення способів зниження втрат нафтопродуктів від випаровування є актуальним завданням. Але як показує практика, впровадження будь-якого нового технічного рішення, спрямованого на ресурсо- та енергозбереження завжди пов'язане з додатковими витратами самих ресурсів. Тому актуальним є не тільки розробка і впровадження високоефективних засобів зниження втрат цінної енергетичної сировини і продукції, а й оцінка доцільності використання цих засобів на практиці.

Зменшення обсягу викидів парів вуглеводнів в атмосферу може бути досягнуто різними шляхами. Порівняльна характеристика засобів зниження втрат вуглеводнів від випаровування наведена в табл. 1 [2].

В даний час найбільшого поширення за кордоном в якості засобів скорочення втрат вуглеводнів отримали ПК і понтони [1]. Вони забезпечують значний ступінь скорочення втрат і відносно дешеві і прості. Частка резервуарів з ПК і понтонами за кордоном перевищує 60% [1] від загального числа резервуарів. У нашій країні частка резервуарів з ПК і понтонами менше, проте ці засоби скорочення втрат є одними з найпоширеніших. Однак до сих пір є багато резервуарів, що не мають ніяких засобів скорочення втрат від випаровування.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика засобів зниження втрат вуглеводнів від випаровування наведена в табл. 1 [2]

Засіб зменшення втрат	Ефективність, %	Головні недоліки
Газопорівняльні системи	60-90	Газгольдери, що використовуються як газозбірники, потребують великих метало витрат, а еластичні газозбирачі не отримали широкого застосування через малий термін експлуатації
Адсорбційні СУЛФ	90-98	Низька пропускна здатність та потреба в додаткових витратах на десорбцію
Абсорбційні СУЛФ	60	Достатньо складний та енергоємний процес регенерації абсорбенту, що призводить до значно вищої вартості системи порівняно з іншими засобами запобігання втратам від випаровування
Конденсаційні СУЛФ	75	Одноступеневе охолодження ППС не завжди забезпечує необхідний ступінь уловлювання вуглеводнів. Так, встановлено, що під час охолодження ППС за температури 28 °С, до температури – 20 °С конденсуються тільки 55-75 % вуглеводнів, що у ній містяться, а інші 25-45% проходять через холодильну установку і втрачаються. Тому використовують додаткові ступені охолодження, що вимагає великих енерговитрат.
Компресійні СУЛФ	96-98	Застосування компресійних СУЛФ доцільне лише в разі великих витрат ППС, що є перешкодою для використання цих систем на АЗС.
Комбіновані СУЛФ	73-90	Недоліком роботи таких систем є складне апаратне оснащення та великі енерговитрати.

2. Результати розрахунку втрат нафтопродуктів від випаровування при їх зберіганні в резервуарах

Об'єктом дослідження був резервуар РВС-10000, розташований в кліматичних умовах Одеської області. У роботі розглядалися втрати

бензину при його зберіганні в резервуарі без використання засобів скорочення втрат і з використанням у якості засобів скорочення втрат наступні технічні рішення:

- понтону на поверхні нафтопродукту в резервуарі;
- газоурівнювальна система з механічним компресором для уловлювання парів вуглеводнів;
- газоурівнювальна система з пароежекторною системою уловлювання легких фракцій.

У порівнянні з абсорбційними і адсорбційними системами уловлювання, розглянуті в роботі системи уловлювання досить недорогі, але у порівнянні з понтоном все ж потребують додаткової витрати людської праці та споживають електроенергію.

Дві розглянуті системи підключаються до газової обв'язки резервуарів. Газова обв'язка резервуарів – це система газопроводів, що з'єднують між собою газовий простір резервуарів, в яких зберігаються нафтопродукти одного сорту. Одночасно із застосуванням газової обв'язки можна застосовувати і спеціальні газозбірники, підключенні трубопроводом до системи газової обв'язки (тоді така система називається газоурівнювальною – ГУ). Газова обв'язка забезпечує циркуляцію пароповітряної суміші по замкнутому контуру, що запобігає втрати парів нафтопродуктів в атмосферу, сприяє зниженню втрат нафтопродуктів при прийомі і відпустці (газова обв'язка призначається для взаємної компенсації вхідних і вихідних об'ємів газів при перекачуванні нафтопродуктів з однієї ємності в іншу).

НПК «Зірка» (Україна) пропонує для зниження втрат від випаровування використовувати в резервуарних парках нафтопродуктів газоурівнювальну систему з резервуарами – газгольдерами (м'якими резервуарами) і системою стиснення легких фракцій нафти і нафтопродуктів на базі компресорної установки ГШ1-3/35.

Основними перевагами розглянутої системи є:

- Відсутність потреби у витратних матеріалах і дорогих запчастиних ;
- Висока конструктивна надійність і простота експлуатації ;
- У режимі «малих» подихів у резервуар не потрапляє чисте повітря, що не приводить до нових випаровувань нафтопродукту і додатковому часу роботи установки;
- У випадках зупинки системи для виконання профілактичних або ремонтних робіт у зимовий час, не відбуватиметься викид парів через дихальні клапана резервуарів.

Загальний вигляд системи уловлювання парів вуглеводнів на базі м'яких резервуарів – газгольдерів та компресорної установки наведено на рис. 1.

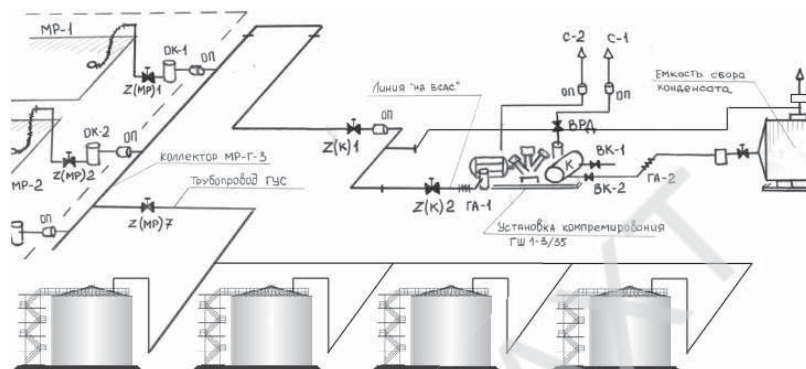


Рис. 1. Схема трубопроводів та установки обладнання системи утилізації парів нафтопродуктів: МР-1, МР-2 – м'які резервуари-газгольдері; ОК-1, ОК-2 – відсічні клапани Ду 150; Z(MP)1, Z(MP)2, Z(K)1 – затвори поворотні типу «Баттерфляй» Ду 150; Z(MP)7 – затвор поворотний типу «Баттерфляй» Ду 200; Z(KP)2 – кран кульовий Ду 100; ОП – вогнеперегороджувач; ГА-1, ГА-2 – гнучкий адаптер; ВК-1, ВК-2 – вентиля скидання конденсату (ВК-1 – для відбору проб); С-1 і С-2 – свіча скидання відроботаної суміші і аварійна свіча; ВРД – вентиль регулювання тиску; К – конденсатозбірник компресорної установки ГШ 1-3/35

Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку засобів уловлювання вуглеводневих парів є застосування компресійних систем уловлювання легких фракцій з використанням рідинно-газових струменевих апаратів (струменево-компресорних установок). У таких системах стиснення ППС відбувається за рахунок енергії високошвидкісних струменів робочого середовища, що знаходиться в різних агрегатних станах (рідина, двофазна газорідинна суміш). У цих установках для уловлювання парів легких фракцій в якості робочого середовища можна використовувати нафтопродукт, що надходить в резервуар, а потім подавати вловлені пари безпосередньо в нафтопродукт. При цьому схема стає замкненою. Струменево-компресорні установки (СКУ) для уловлювання легких фракцій забезпечують високу ступінь скорочення втрат, мають малу металоємність і капіта-

лоємність, прості і надійні в експлуатації. Робота струменевого апарату (ежектора) стійка при значних коливаннях параметрів і фракційного складу відсмоктуючого газу.

Принцип роботи SKU полягає в наступному. Робоча рідина подається в ежектор через сопло за допомогою насоса і захоплює за собою пасивний потік пароповітряної суміші з резервуару. Частина енергії робочої рідини в процесі змішування фаз передається пасивному потоку, стискаючи його. Одночасно відбувається процес інтенсивної конденсації парів вуглеводнів. Утворена на виході з ежектора рідинно-газова суміш розділяється у сепараторі, після чого осушене стиснене повітря йде в атмосферу, а робоча рідина подається на вхід насоса. У системі передбачений теплообмінник для відведення надлишку теплоти, а також трубопроводи для підведення свіжої робочої рідини на підживлення системи та відведення надлишку робочої рідини з конденсуючими парами вуглеводнів. Принципова схема установки представлена на рис. 2.

На першому етапі дослідницької роботи був виконаний розрахунок втрат нафти від випаровування з РВС-10000 без засобів скорочення втрат бензину. Характеристики нафтопродукту приведені в табл. 2.

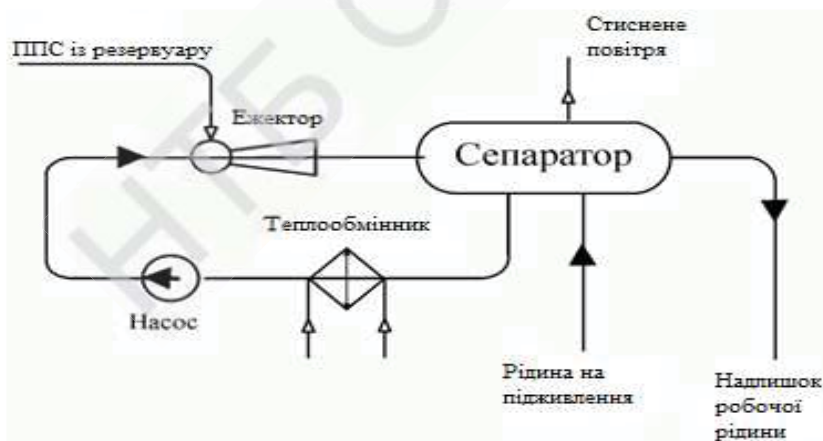


Рис. 2. Принципова схема струменево-компресорної установки для уловлювання легких фракцій

Таблиця 2 – Характеристики нафтопродукту, що зберігаються в резервуарі РВС-10000

Густина	730
Температура початку кипіння	308
Тиск насичених парів при 38°C	66700
В'язкість	$0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Розрахунок втрат від «великих» і «малих» подихів виконувався за методикою, наведеною в [3]. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 3. Результати розрахунку для різних сезонів наведені в таблиці 4.

Таблиця 3 – Вихідні дані для розрахунку втрат бензину від випаровування

Тип резервуару	РВС -10000
Місце розташування	Одеса
Ступінь чорноти поверхні резервуара	0,19
Коефіцієнт хмарності	0,8
Коефіцієнт прозорості атмосфери	0,7
Географічне широта, °	46,28
Продуктивність насоса, м ³ /ч	400
Мінімальна висота наливу, м	1,8
Коефіцієнт заповнення резервуару	0,83
Діаметр патрубку резервуара, мм	700
Діаметр патрубку клапана, мм	350
Тиск, на який відрегульовано спрацьовування дихального клапану: при вакуумі, Па	200
при підвищенні тиску, Па	2000

Таблиця 4 – Результати розрахунку втрат бензину від випаровування

	січень	липень	жовтень
1	2	3	4
Максимальна температура вдень, К	274	302	287
Максимальна температура вночі, К	269	294	279
Концентрація вуглеводнів в ППС в процесі «малих подихів», кг/м ³	0,732	1,599	1,019
Втрати від «малих» подихів, кг/сут	0	62,8	22,8

1	2	3	4
Масова концентрація вуглеводнів в ППС в процесі «великих подихів», кг/м ³	2,816	2,565	2,701
Об'ємна концентрація вуглеводнів в ППС в процесі «великих подихів», м ³ /м ³	0,198	0,48	0,29
Втрати від «великих» подихів, кг	4801	10480	6718
Річні втрати від «малих» подихів, кг/рік	22550		
Річні втрати від «великих» подихів, кг/рік	86151		
Річні втрати, кг/рік	108701		

Для оцінки втрат при зберіганні нафтопродуктів з використанням засобів скорочення необхідно оцінити ступінь скорочення втрат – S , яка залежить від багатьох факторів. Цей коефіцієнт показує, на скільки відсотків знижуються втрати нафтопродукту від випаровування порівняно зі зберіганням нафти в звичайному резервуарі, не обладнаному засобами зниження втрат.

Ступінь скорочення втрат від випаровування при використанні понтонів розраховувалася за методикою [3] з використанням емпіричної формули:

$$S_n = b_{0s} + b_{1s} \cdot n^{b_{2s}} \quad (1)$$

де n – коефіцієнт оборотності резервуарного парку, b_{0s} , b_{1s} , b_{2s} – постійні числові коефіцієнти, залежні від номінальної місткості резервуара і коефіцієнта оборотності. Відомості про ці величини наведені в [3].

За результатами розрахунків при використанні понтону коефіцієнт скорочення втрат склав $S=0,69$.

Ступінь скорочення втрат при використанні ГУС з компресором оцінювалася за ступенем зниження концентрації вуглеводнів в ППС на виході з резервуару за методикою [4]. Експериментально оцінений склад пароповітряної суміші, що утворюється при випаровуванні нафтопродуктів прийнятий за [4] та для бензину наведений в табл. 5. Тиску нагнітання компресора за ступенями прийнятий наступним: 1 ступень – 0,35 МПа; 2 ступень – 1,05 МПа; 3 ступень – 3,5 МПа.

Температура ППС після кожної ступені стиснення та охолодження в повітряному теплообміннику – 313 К.

Концентрація пароповітряної суміші, яка утворюється при зберіганні бензину прийнята наступною: пропан – 0,0150 м³/м³; ізо-бутан 0,08 м³/м³; н-бутан 0,10 м³/м³; пентан 0,14 м³/м³; бензол 0,005 м³/м³; гексан 0,06 м³/м³.

Був розрахований кінцевий кількісний вміст парів бензину в ППС (в кг/м³). Результати розрахунку виконані з використанням програми mathcad. Був виконаний розрахунок об'ємної концентрації кожного компонента в ППС на виході з компресорної установки і визначена сумарна масова концентрація вуглеводнів в ППС (приведена до атмосферного тиску): $\sigma_{ППСвих} = 0,276$ кг/м³. Концентрація вуглеводнів в пароповітряної суміші на вході в компресорну установку (за її заданим складом) – $\sigma_{ППСо} = 1,093$ кг/м³. Коефіцієнт зниження втрат бензину при випаровуванні внаслідок «великих подихів» при розглянутих умовах склав:

$$S = 1 - \frac{\sigma_{ППСвих}}{\sigma_{ППСо}} = 0,747.$$

Ступінь скорочення втрат при використанні ГУС з ежектором оцінювалася за методикою [5]:

$$S_e = 1 - 0,303 \cdot (p)^{-0,192} \cdot (T)^{1,75} \cdot (C_o)^{-0,046} \cdot U^{0,123}, \quad (2)$$

де C_o , P , T – безрозмірні величини концентрації, а також тиск та температури сепарації суміші в циркуляційній ємності: $C_o = C_o/100$; $P = P/P_{ат}$; $T = T_c/273$.

Для розрахунків були прийняті тиск 0,2 МПа, атмосферний тиск 0,1013 Мпа, температура 293 К і 313 К і коефіцієнт ежекції (відношення витрат усмоктуваної ППС до витрат робочої рідини з високим тиском) $U = 4,5; 3; 1,5$. Результати розрахунків за формулою приведені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Залежність коефіцієнтів скорочення втрат ежекторної системи уловлювання парів УВ від прийнятих для розрахунку параметрів

	U=4,5	U=3	U=1,5
T=293 К	0,50	0,56	0,60
T=313 К	0,49	0,51	0,55

Подальше розрахунки будемо вести для $T=293\text{ K}$.

При порівнянні отриманих результатів по величинам зниженням втрат нафтопродуктів від випаровування, можна сказати, що ступень зниження втрат при великих диханнях від використання ГУ системи з компресором віще, ніж у ежекторній системи та ніж для резервуару з понтоном. Однак, ГУ система забезпечує практичне повне уловлювання втрат від «малих подихів», навіть без використання компресору або ежектора, що не забезпечує використання понтону. Але слід врахувати додаткові витрати електроенергії на роботу компресора або ежектора ГУ системи, яких немає при використанні понтону.

Тобто, ймовірно використання понтона доцільно буде тоді, коли коефіцієнт оборотності резервуарного парку (частота заповнення та спорожнення резервуарів) буде високим, а при низькому коефіцієнті оборотності (що характерно для нафтобаз України) ймовірно доцільніше використовувати газорівнювальну систему з компресорною або ежекторною установкою.

Результати розрахунків втрат бензину від випаровування наведено в таблиці 7.

Таблиця 7. Результати розрахунків втрат бензину при впровадженні різних засобів скорочення втрат бензину від випаровування

Параметр	Без засобів скорочення втрат	З використанням понтону	З використанням газорівнювальної системи з механічним компресором	З використанням газорівнювальної системи з ежектором
1	2	3	4	5
Коефіцієнт скорочення втрат, S	0	0,63	0,747	0,50 при U=4,5 0,56 при U=3 0,60 при U=1,5
Річні втрати бензину від випаровування від «малих» подихів, кг/рік	22550	8344	0	0

1	2	3	4	5
Річні втрати бензину від випаровування від «великих» подихів, кг/рік	86151	31876	21796	43076 при U=4,5
				37906 при U=3
				34460 при U=1,5
Сумарні річні втрати бензину від випаровування $G_{рик}$, кг/рік	108701	40220	21796	43076 при U=4,5
				37906 при U=3
				34460 при U=1,5

3. Результати розрахунку витрат електроенергії на роботу механічного компресора та ежектора установок уловлювання парів легких фракцій

На наступному етапі роботи був виконаний розрахунок енергоспоживання компресорною та ежекторною системою при їх роботі продовж однієї сливо-наливної операції (одне «велике дихання»).

Оцінити енерговитрати на механічне стискання ППС в компресорі була визначена за методикою [6].

Для розрахунків були прийняті наступні вхідні дані:

Тиск на вході в першу ступень – $p_1=0,1$ МПа;

Тиск на вході в другу ступень – $p_2=0,35$ МПа;

Тиск на вході в третю ступень – $p_3=1,05$ МПа;

Тиск на виході з третій ступені – $p_4=3,5$ МПа;

Температура на входе в першу ступень – $T_1 = 25$ °C;

Температура на входе в другу та третю ступені – $T_2 = T_3 = 40$ °C;

Об'ємна продуктивність насоса – $Q = 400$ м³/год.

За результатами розрахунку потужність електродвигуна для приводу компресора $N = 61,31$ кВт.

Потужність електродвигунів приводів насосів для стиснення робочої рідини склала (ежекторна система): $N = 150$ кВт для U=4,5; $N = 153$ кВт для U=3,0; $N = 147$ кВт для U=1,5.

4. Еколого-енергетичне обґрунтування доцільності використання засобу зниження втрат бензину від випаровування

Зазвичай для оцінки перспектив впровадження якого або нового виду обладнання або технології широко використовувався техніко-економічний метод аналізу. Але останні роки, коли виникла гостра необхідність зниження антропогенного навантаження на довкілля та

економії енергетичних ресурсів, потреба в новому, еколого-енергетичному методі аналізу не викликає сумнівів.

Значення повної еквівалентної емісії парникових газів – ПЕЕПГ знаходиться підсумовуванням прямої (тобто виділеною безпосередньо в технологічному процесі) емісії парникових газів (ПГ) і непрямой (виділеної на попередніх стадіях технологічного процесу) емісії ПГ при отриманні енергоносіїв, сировини, комплектуючих виробів, а також створенні устаткування, капітальних споруд і так далі. У ряді випадків необхідно враховувати емісію ПГ, що виділяються при утилізації устаткування, і непрямую емісію ПГ, пов'язану з енергетичним еквівалентом людської праці. При цьому еквівалентну емісію ПГ для кожного виду матеріалу, напівфабрикату і так далі можна обчислити заздалегідь для кожної стадії виробничого процесу.

В даний час, за відсутності інформації про значення емісії ПГ сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і т.п. процедура розрахунку ПЕЕПГ представляє досить складну задачу. Розрахунок ПЕЕПГ можна значно спростити, якщо використовувати цілком доступну інформацію про вартість сировини, конструкційних матеріалів і комплектуючих виробів.

При такому підході для оцінки величин енергоємностей можна використовувати вартості конкретного матеріалу, процесу і т. ін. помножені на величину енергоємності валового внутрішнього продукту – $e_{ВВП}$, кВт·ч / \$.

Повна еквівалентна емісія ПГ аналізованої установки (устаткування), що виробляє один конкретний вид продукції на її повному життєвому циклі може бути розрахована за формулою [7]:

$$\begin{aligned} \text{TEGHGE}_{\text{eq}} = & \sum \left(\beta \cdot e_{GDP} \cdot (c_i^{eq} + c_i^{eq,disp}) + em^{h,l} \cdot T_i^{h,l} \right) + e_{GDP} \cdot \beta \cdot \tau \sum c_i^{eq} (k_{dep_i} + k_{rep_i}) + \\ & + e_{GDP} \cdot \beta \cdot \tau \cdot n \sum (c_j \cdot G_j) + n \sum (m_k \cdot GWP_k) + \sum (m_k^{eq} \cdot GWP_k \cdot (1 - \alpha_k)) + \\ & + n \cdot \tau \cdot em^{h,l} \cdot T^{h,l} + e_{GDP} \cdot \beta \cdot c^{pr,disp} \cdot n \cdot \tau \end{aligned} \quad (10)$$

де β – середнє значення непрямой емісії парникових газів при виробництві одиниці електроенергії в конкретній країні, кгCO₂-екв/кВт·ч; e_{GDP} – енергоємність ВВП в конкретній країні, кВт·ч (US\$)⁻¹; c_i^{eq} – вартість і-го елемента (обладнання) даної системи, US\$; k_{dep} та k_{rep} – коефіцієнти, що враховують річні витрати (від початкових капіталовкладень) на амортизацію і ремонт елементів даної системи, рік⁻¹; τ – термін експлуатації обладнання даної системи, рік; $c_i^{eq,disp}$ –

вартість утилізації і-го елемента (обладнання) даної системи, US\$; $em^{h,l}$ – еквівалентна емісія одиниці людської праці, CO₂-екв·(людина-час)⁻¹; $T_i^{h,l}$ – витрати людської праці на складання та встановлення і-го елемента (обладнання) даної системи, людина-час; c_j – вартість виробництва j-го виду сировини, напівфабрикату, енергоресурсу, необхідного для виробництва продукції даної установки, US\$·(одиниці сировини)⁻¹; G_j – витрата j-го виду сировини, напівфабрикату, енергоресурсу, необхідного для виробництва продукції даної установкою, (одиниця сировини) · (одиницю продукції)⁻¹; n – річний випуск продукції даної установки, (одиниця продукції)·рік⁻¹; m_k – маса k-го парникового газу, що викидається при виробництві одиниці продукції, кг·(одиниця продукції)⁻¹; GWP_k – потенціал глобального потепління k-го парникового газу, (кг CO₂-екв)·(кг парникового газу)⁻¹; m_k^{eq} – маса k-го парникового газу в обладнанні в момент його утилізації, кг; α – частка утилізації парникових газів при закінченні терміну експлуатації обладнання; $T^{h,l}$ – трудовитрати на виробництво одиниці продукції, (людина-час)·(одиницю продукції)⁻¹; $c^{pr,disp}$ – витрати на утилізацію продукції, US\$·(одиницю продукції)⁻¹

Таблиця 8 – Деякі рекомендовані перекладні коефіцієнти для розрахунку величини ПЕЕПГ стосовно економіко-енергетичним умовам України (на 2015р.)

Середня кількість CO ₂ , що виділяється при виробництві 1 кВт·ч електроенергії в Україні, кгCO ₂ /кВт·ч [8]	$\beta=0,697$
Еквівалентна емісія одиниці людської праці, CO ₂ -екв·(людина-час) ⁻¹ [9]	$em^{h,l} = 0,46$
Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні, кВт·ч/ U.S.\$ [10] кВт·ч/ грн.	$e_{GDP} = 16,56$ $e_{GDP} = 0,6625$

5. Результати еколого-енергетичного аналізу доцільності впровадження різних засобів скорочення втрат бензину від випаровування

За запропонованою вище методикою було виконане порівняння ПЕЕПГ при використанні різних засобів скорочення втрат бензину від випаровування.

Зводимо всі необхідні для розрахунків данні (які наведено у попередніх розділах) в таблицю 9.

Таблиця 9 – Вхідні данні для розрахунків ПЕЕПГ при впровадженні різних засобів скорочення втрат бензину від випаровування

Параметр	Без засобів скорочення втрат	З використанням понтоу	З використанням газорівнювальної системи з механічним компресором	З використанням газорівнювальної системи з ежектором
Коефіцієнт скорочення втрат, S	0	0,63	0,747	0,50 при U=4,5 0,56 при U=3 0,60 при U=1,5
Річні втрати бензину від випаровування $G_{рик}$, кг/рік	108701	40220	21796	43076 при U=4,5 37906 при U=3 34460 при U=1,5
Вартість обладнання скорочення втрат бензину від випаровування c^{eq} , грн	0	200000	800000	600000
Потужність компресора або ежектора у складі газорівнювальної системи N, кВт	-	-	61,31	150 при U=4,5 153 при U=3 147 при U=1,5
Кількість електроенергії, що споживається компресором або ежектором у при здійсненні однієї операції наливу бензину у резервуар $G_{ел}$, кВт·год**	-	-	1538,7	3762 при U=4,5 3837 при U=3 3686 при U=1,5
Трудовитрати на обслуговування системи скорочення втрат бензину від випаровування T^{hl} , людина – час/рік	0	0	432	432

** $G_{ел}$ – розраховується за величинами оціненої потужності компресора або ежектора N, швидкості заповнення резервуара – 400 м³/рік та корисного об'єму резервуару – 10032 м³.

Додатково приймаємо однаковими для всіх порівнювальних систем: коефіцієнт оборотності резервуару $n_{об} = 12$ 1/рік; вартість 1 кг бензину, що втрачається від випаровування, $C_{BB} = 30,1$ грн/кг (приймаємо вартість бензину 22 грн/л та його густину 0,730 кг/л); потенціал глобального потеплення вуглеводнів $GWP_{BB} = 20$; кг CO₂-екв/кг [11]; коефіцієнти амортизації і ремонту елементів даної системи $k_{dep} + k_{rep} = 0,15$ рік⁻¹; термін експлуатації обладнання скорочення втрат $\tau = 15$ рік.

При виконанні розрахунків планується розглядати прямі викиди парникових газів, які потрапляють в атмосферу в процесі експлуатації резервуарів з засобами скорочення втрат – втрати вуглеводнів, які є парниковими газами. І непрямі викиди, пов'язані з капітальними витратами на створення засобів скорочення втрат і з виробництвом електроенергії, яка в даному випадку споживається компресором ГУС. Також непрямі втрати повинні включати в себе і еквіваленту емісію парникових газів від втрат самих енергоресурсів (бензину, котрий при випаровуванні втрачається й на виробництво котрого були затрачені певні кошти). Також планується враховувати еквіваленту емісію, пов'язану з людською працею при експлуатації обладнання. Емісія парникових газів при утилізації обладнання в даному розрахунку не враховувалася.

Розрахунок носить порівняльний характер, тому викиди, які є однаковими для порівнюваних варіантів (капітальні витрати на будівництво резервуара, його експлуатацію тощо), не враховуються.

Формулу (10) для розрахунку повної еквівалентної емісії парникових газів (ПЕЕПГ) можна перетворити стосовно аналізу доцільності впровадження порівнювальних засобів скорочення втрат бензину від випаровування у формулу (11). У якості продукту у розглянутому об'єкті – резервуарі з засобом скорочення втрат від випаровування – можна прийняти бензин. У якості енергоресурсів, які використовуються в процесі зберігання бензину розглядається тільки споживання електроенергії G_{el} (кВт·ч за одне «велике дихання»), що витрачається на роботу механічного компресора або ежектора тільки під час «великих дихань».

$$\begin{aligned} ПЕЕПГ = & \beta \cdot e_{GDP} \cdot c^{eq} + e_{GDP} \cdot \beta \cdot \tau \cdot c_i^{eq} (k_{dep} + k_{rep}) + \\ & + \beta \cdot \tau \cdot G_{el} \cdot n_{об} + \tau \cdot G_{рик} \cdot GWP_{BB} + \tau \cdot em^{h,l} \cdot T^{h,l} + \beta \cdot e_{GDP} \cdot \tau \cdot G_{рик} \cdot C_{BB} \end{aligned} \quad (11)$$

Результати розрахунку еколого-енергетичних характеристик порівнюваних систем зниження втрат нафти від випаровування наведені на рис. 3.

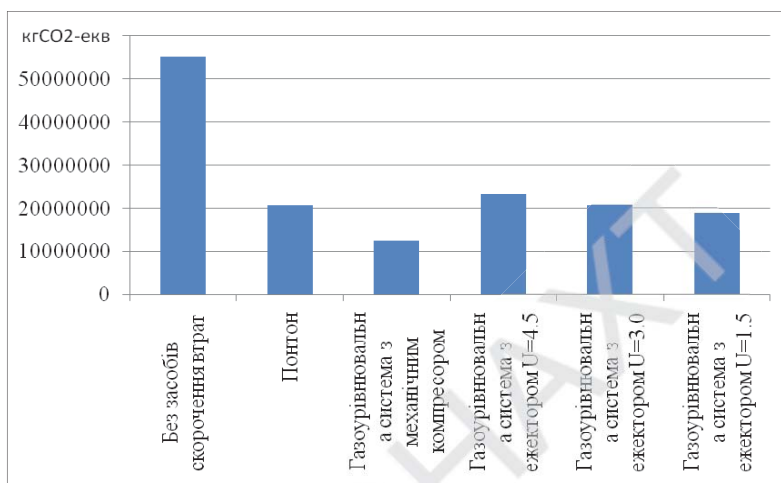


Рис. 3. Порівняння величини ПЕЕПГ для різних засобів зниження втрат бензину при випаровуванні з резервуару об'ємом 10000 м³ за $\tau=15$ років

Висновки

Об'єктом аналізу в представленій роботі є група резервуарів РВС-10000 для зберігання бензину в кліматичних умовах Одеської області. На першому етапі роботи для даного об'єкту був виконаний розрахунок втрат бензину від випаровування. Далі були оцінені викиди вуглеводнів для декількох варіантів зберігання: без засобів скорочення втрат, з використанням в якості засобу скорочення втрат понтона, з використанням в якості засобу скорочення втрат двох систем уловлювання парів вуглеводнів. Було показано, що втрати від випаровування бензину при використанні засобів скорочення втрат призводять до істотної економії енергоресурсів, а також й до додаткових економічних витрат на їх впровадження та експлуатацію. Розрахунки показали, що застосування газоурівнювальної системи з механічним компресором забезпечує найбільше скорочення втрат від випаровування.

Виконаний еколого-енергетичний аналіз показав, що застосування газоурівнювальної системи з механічним компресором є більш

доцільним, ніж використання аналогічної системи з ежектором та понтону, так як забезпечує найменші викиди парникових газів за повний життєвий цикл для розглянутої групи резервуарів. Отриманий результат стосується тільки розглянутих об'єктів та при інших початкових даних може бути принципово протилежним, так як буде залежить й від виду нафтопродукту, від коефіцієнту оборотності резервуару, від його об'єму та ін.

Так як зниження викидів парникових газів і енергозбереження нерозривно пов'язані, то можна сказати, що впровадження обраного засобу зниження втрат від випаровування сприятиме виконанню не тільки вимог Кіотського протоколу, а також закону України про енергозбереження.

Розглянуто в даній роботі методику еколого-енергетичного аналізу можна рекомендувати для аналізу різного устаткування нафтової галузі, так як вона враховує втрати вуглеводнів (парникових газів) і сприяє не тільки підвищенню екологічних показників об'єкта, але її ресурсозбереження.

Перелік використаних джерел

1. Цегельский В. Г., Ермаков П. Н., Спиридонов В. С. Защита атмосферы от выбросов углеводородов из резервуаров для хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – №. 3. – С. 23-28.
2. Черняк Л. М. Перспективы впровадження сучасних екологічних систем на об'єктах системи нафтопродуктозабезпечення // Вопросы химии и химической технологии. – 2013. – №. 1. – С. 156-160.
3. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршак А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов – Уфа: Дизайнполиграфсервис, 2002 р. – 331 с.
4. Греков В. Ф. и др. Конденсация паров бензина из паровоздушной смеси // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Сер.: Технічні науки. – 2011. – №. 2. – С. 206-210.
5. Коршак А. А. Прогнозирование степени улавливания паров бензина при использовании эжекторной системы улавливания легких фракций // Нефтегазовое дело. – 2014. – Т. 12. – №. 4. – С. 67-71.
6. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.

7. Chen, G., Zhelezny, V., Khliyeva, O., Shestopalov, K., Ierin, V. (2017). Ecological and energy efficiency analysis of ejector and vapor compression air conditioners. *International Journal of Refrigeration*, 74, 127-135.

8. World Statistics [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://world-statistics.org/> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

9. Rugani, B., Panasiuk, D., & Benetto, E. (2012). An input–output based framework to evaluate human labour in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(6), 795-812.

10. U.S. Energy Information Administration (International Energy Statistics) [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.eia.gov/> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

11. Calm, J.M., Hourahan, G.C., 2009. Physical, Safety and Environmental Data for Current and Alternative Refrigerants // Refrigeration for Sustainable Development. In: Proc. 23th International Congress of Refrigeration, Prague, Czech Republic.

DEVELOPMENT OF A GRAPHICAL USER INTERFACE FOR EGG QUALITY ASSESSMENT BASED ON A COMPUTER VISION SYSTEM Author – Zhelezarova P., Paskova N., Supervisor – Georgieva T.....	567
DYNAMIC PROPERTIES OF PROVIDING CYBERSECURITY PROCESSES AT THE EXAMPLE OF CYBERSECURITY'S AUDIT Author – Kozlova O., Supervisor – Kononovych V.	573
5. RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ENVIRONMENTAL PROTECTION.....	598
MODELLING OF PHOTOVOLTAIC SOLAR CELLS BY MODIFYING FINS CONFIGURATION OF THE AIR-COOLED HEAT SINKS FOR POWER GENERATION Author – Siarova A., Supervisor – Shixue Wang	598
THE PROSPECTS OF APPLICATION THE GENERATORS WITH PERMANENT MAGNETS FOR SMALL WIND POWER PLANTS Author – Sergienko I., Supervisor – Shevchenko V.	614
COMPARISON OF VARIOUS METHODS FOR REDUCING GASOLINE LOSSES DURING STORAGE USING ECOLOGICAL AND ENERGY CRITERIA Author – Oleksenko O., Supervisor – Volhusheva N.	636
DEVICE FOR CLEANING OF FLUE GASES FROM SULFUR OXIDES AND CARCINOGENIC RESIN Author – Mukminov I., Supervisor –Kogut V., Boshkova I.....	654
THE IDENTIFICATION OF PLANTS-INDICATORS OF POLLUTION OF TERRITORIES BY HEAVY METALS IN THE ZONE OF EFFECTS OF HEAT-ELECTRICAL POWER STATIONS Author – Konopelko O., Supervisor – Pozniak A.....	663
INTENSIFICATION OF THE MATERIAL DRYING PROCESS WITH USE OF THE MICROWAVE FIELD ENERGY Author – Mykhailova O., Supervisor – Boshkova I.....	676
ECOLOGICAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS GROWN WITHIN THE URBOHEOSYSTEM Author – Medvedeva Yu., Supervisor – Nekos A.	690
OBTAINING OF Cu_2ZnSnS_4 THIN FILMS AS AN ACTIVE LAYER OF SOLAR CELL Author – Musharovskiy O., Supervisor – Hilchuk A.....	710
ELECTRIC PASSENGER TRANSPORT VEHICLES: TECHNICAL CHARACTERISTICS AND ENERGY EFFICIENCY Author – Ivanov R., Supervisor – Koev K.....	725

Наукове видання

Міжнародний конкурс студентських наукових робіт

BLACK SEA SCIENCE 2018

Матеріали

Верстка – Н.М. Ковальчук

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman.
Умовно-друк. арк. 48,07. Тираж 300. Замовлення № 0518-105.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а, офіс 105
Телефон +38 (0552) 39 95 80
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4392 від 20.08.2012 р.