

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

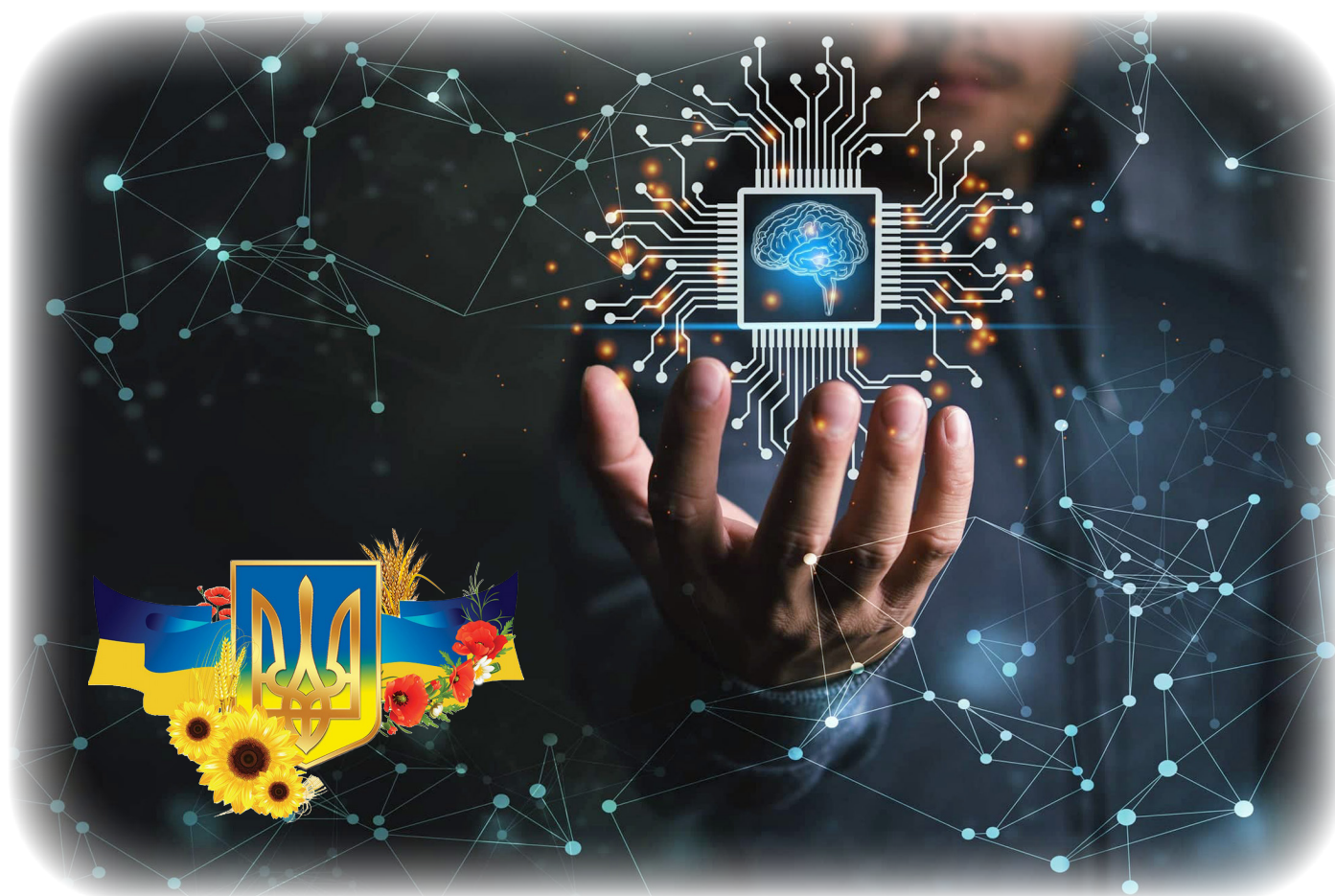
ISSN 2520-2057 (print)
ISSN 2520-2065 (online)

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»



№ 6(125) / 2022



**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»**

*Свідоцтво
про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22444-12344ПР*

Збірник наукових праць

№ 6 (125)

Київ 2022

ББК 1
УДК 001
М-43



Повний бібліографічний опис всіх статей Міжнародного наукового журналу «Інтернаука» представлено в: **Index Copernicus International (ICI); Polish Scholarly Bibliography; ResearchBib; Turkish Education Index; Наукова періодика України.**

Журнал зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та наукометричних базах даних: **Index Copernicus International (ICI); Ulrichsweb Global Serials Directory; Google Scholar; Open Academic Journals Index; Research-Bib; Turkish Education Index; Polish Scholarly Bibliography; Electronic Journals Library; Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; InfoBase Index; Open J-Gate; Academic keys; Наукова періодика України; Bielefeld Academic Search Engine (BASE); CrossRef.**

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

Редакція не завжди поділяє думки і погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

У відповідності із Законом України «Про авторське право і суміжні права», при використанні наукових ідей і матеріалів цієї збірки, посилання на авторів та видання є обов'язковими.

Редакція:

Головний редактор: **Коваленко Дмитро Іванович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Випускаючий редактор: **Золковер Андрій Олександрович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Секретар: **Захарова Юлія Ігорівна**

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії: **Камінська Тетяна Григорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Курило Володимир Іванович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Київ, Україна)

Заступник голови редакційної колегії: **Тарасенко Ірина Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Розділ «Економічні науки»:

Член редакційної колегії: **Алієв Шафа Тифліс огли** — доктор економічних наук, професор, член Ради — науковий секретар Експертної ради з економічних наук Вищої Атестаційної Комісії при Президентові Азербайджанської Республіки (Сумгаїт, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Баланюк Іван Федорович** — доктор економічних наук, професор (Івано-Франківськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бардаш Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Бондар Микола Іванович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Вдовенко Наталія Михайлівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Гоблик Володимир Васильович** — доктор економічних наук, кандидат філософських наук, професор, Заслужений економіст України (Мукачеве, Україна)

Член редакційної колегії: **Гринько Алла Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Гуцаленко Любов Василівна** — доктор економічних наук, професор (Вінниця, Україна)

Член редакційної колегії: **Дерій Василь Антонович** — доктор економічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Член редакційної колегії: **Денисенко Микола Павлович** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент Міжнародної академії інвестицій і економіки будівництва, академік Академії будівництва України та Української технологічної академії (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Дмитренко Ірина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Драган Олена Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Еміне Лейла Кият** — доктор економічних наук, доцент (Туреччина)

Член редакційної колегії: **Єфіменко Надія Анатоліївна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Заруцька Олена Павлівна** — доктор економічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Захарін Сергій Володимирович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зеліско Інна Михайлівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Зось-Кіор Микола Валерійович** — доктор економічних наук, професор (Полтава, Україна)

Член редакційної колегії: **Ільчук Павло Григорович** — доктор економічних наук, доцент (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Карімкулов Жасур Іманбоєвич** — доктор економічних наук, доцент (Ташкент, Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Клочан В'ячеслав Васильович** — доктор економічних наук, професор (Миколаїв, Україна)

Член редакційної колегії: **Копилук Оксана Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Кравченко Ольга Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Курило Людмила Ізидорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Кухленко Олег Васильович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лойко Валерія Вікторівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Лоханова Наталя Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Малік Микола Йосипович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Мігус Ірина Петрівна** — доктор економічних наук, професор (Черкаси, Україна)

Член редакційної колегії: **Ніценко Віталій Сергійович** — доктор економічних наук, доцент (Одеса, Україна)

Член редакційної колегії: **Олійник Олександр Васильович** — доктор економічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Осмятченко Володимир Олександрович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Охріменко Ігор Віталійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Паска Ігор Миколайович** — доктор економічних наук, професор (Біла Церква, Україна)

Член редакційної колегії: **Разумова Катерина Миколаївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Рамський Андрій Юрійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Селіверстова Людмила Сергіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скрипник Маргарита Іванівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Смолін Ігор Валентинович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сунцова Олеся Олександрівна** — доктор економічних наук, професор, академік Академії економічних наук України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Танклевська Наталія Станіславівна** — доктор економічних наук, професор (Херсон, Україна)

Член редакційної колегії: **Токар Володимир Володимирович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Тулчинська Світлана Олександрівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Чижевська Людмила Віталіївна** — доктор економічних наук, професор (Житомир, Україна)

Член редакційної колегії: **Чубукова Ольга Юріївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Шевчук Ярослав Васильович** — доктор економічних наук, старший науковий співробітник, доцент (Нововолинськ, Волинська обл., Україна)

Член редакційної колегії: **Шинкарук Лідія Василівна** — доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Шпак Валентин Аркадійович** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Беялов Талат Енверович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Скриньковський Руслан Миколайович** — кандидат економічних наук, професор (Львів, Україна)

Член редакційної колегії: **Султонов Шерали Нуралиевич** — доктор філософії з економічних наук (PhD) (Ташкент, Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Peter Bielik** — Dr. hab. (Словацька Республіка)

Член редакційної колегії: **Eva Fichtnerová** — University of South Bohemia in České Budějovice (Чеська Республіка)

Член редакційної колегії: **József Káposzta** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Henrietta Nagy** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Venelin Terziev** — Professor Dipl.Eng., PhD, доктор наук з національної безпеки, доктор економічних наук, член-кореспондент Російської академії природної історії (Русе, Болгарія)

Член редакційної колегії: **Anna Törő-Dunay** — Dr. hab. (Угорщина)

Член редакційної колегії: **Mirosław Wasilewski** — Dr. hab., Associate professor WULS-SGGW (Польща)

Член редакційної колегії: **Natalia Wasilewska** — Doctor of Economic Sciences, professor UJK (Польща)

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Беліков Анатолій Серафимович** — доктор технічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Кузьмін Олег Володимирович** — доктор технічних наук, доцент (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Луценко Ігор Анатолійович** — доктор технічних наук, професор (Кременчук, Україна)

Член редакційної колегії: **Мельник Вікторія Миколаївна** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Румянцев Анатолій Олександрович** — доктор технічних наук, професор (Краматорськ, Україна)

Член редакційної колегії: **Сергейчук Олег Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Степанов Олексій Вікторович** — доктор технічних наук, професор (Харків, Україна)

Член редакційної колегії: **Чабан Віталій Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Аль-Абабнех Хасан Алі Касем** — кандидат технічних наук (Амман, Йорданія)

Член редакційної колегії: **Артюхов Артем Євгенович** — кандидат технічних наук, доцент (Суми, Україна)

Член редакційної колегії: **Баширбейлі Адалат Ісмаїл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Кабулов Нозімжон Абдукаримович** — кандидат технічних наук, доцент (Республіка Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Коньков Георгій Ігорович** — кандидат технічних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Почужевский Олег Дмитрович** — кандидат технічних наук, доцент (Кривий Ріг, Україна)

Член редакційної колегії: **Саньков Петро Миколайович** — кандидат технічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

Розділ «Біологічні науки»:

Член редакційної колегії: **Федоненко Олена Вікторівна** — доктор біологічних наук, професор (Дніпро, Україна)

Член редакційної колегії: **Базаров Бахрідін Махаммадійович** — кандидат біологічних наук, доцент (Самарканд, Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Ісмаїлова Мархамат Абдірашидівна** — кандидат біологічних наук, доцент (Самарканд, Узбекистан)

Член редакційної колегії: **Маренков Олег Миколайович** — кандидат біологічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

Розділ «Фізико-математичні науки»:

Член редакційної колегії: **Задерей Петро Васильович** — доктор фізико-математичних наук, професор (Київ, Україна)

Член редакційної колегії: **Ковальчук Олександр Васильович** — доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник (Київ, Україна)

ЗМІСТ
CONTENTS
СОДЕРЖАНИЕ

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

- Operchuk Nadiia**
ASSESSMENT OF THE MALARIAGENIC SITUATION IN THE KIROVOGRAD REGION
IN MODERN CONDITION..... 9
- Яремчук Аліса Василівна**
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД 12

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

- Ільященко Богдан Вадимович**
ФІНАНСОВА БЕЗПЕКА КОРПОРАЦІЇ 20

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

- Gnateiko Nonna**
INFLUENCE OF ACOUSTIC PRESSURE WAVE ON FLAT GYRO SUSPENSION ELEMENTS..... 26
- Григорський Станіслав Ярославович, Іванов Олександр Васильович**
ОСОБЛИВОСТІ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ
ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СУМІШІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВОДНЕМ 33
- Григорський Станіслав Ярославович, Іванов Олександр Васильович**
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ДЛЯ ВИНОСУ
СКУПЧЕНЬ ВОДИ..... 39
- Климчук Ірина Олегівна, Потапова Катерина Романівна,
Івасенко Дмитро Віталійович**
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ
ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ МОВЛЕННЯ..... 43
- Люта Наталія Вікторівна, Бортняк Олена Михайлівна,
Антонюк Назар Володимирович**
СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРНО-РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
НАФТ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
НАФТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ..... 48
- Стасюк Роман Богданович, Белей Оксана Ігорівна,
Мірзоева Олександра Юріївна, Зібаров Кирил Петрович**
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ РЕМОНТІ
ТРУБОПРОВОДІВ..... 53

Фіалко Наталія Михайлівна, Дінжос Роман Володимирович, Шеренковський Юлій Владиславович, Мєранова Наталія Олегівна, Прокопов Віктор Григорович, Навродська Раїса Олександрівна, Полозенко Ніна Петрівна, Кутняк Ольга Миколаївна, Альошко Сергій Олександрович, Пархоменко Олександр Юрійович ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ГУСТИНИ НАНОКОМПОЗИТІВ ВІД ТРИВАЛОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ У РОЗПЛАВІ ПОЛІМЕРУ	56
---	----

Фіалко Наталія Михайлівна, Дінжос Роман Володимирович, Шеренковський Юлій Владиславович, Мєранова Наталія Олегівна, Прокопов Віктор Григорович, Навродська Раїса Олександрівна, Полозенко Ніна Петрівна, Альошко Сергій Олександрович, Кутняк Ольга Миколаївна, Пархоменко Олександр Юрійович ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МІКРО- І НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ ВІД МАСОВОЇ ЧАСТКИ НАПОВНЮВАЧА	60
---	----

Фіалко Наталія Михайлівна, Навродська Раїса Олександрівна, Пресіч Георгій Олександрович, Гнедаш Георгій Олександрович, Шевчук Світлана Іванівна УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДГРІВАННЯ І ЗВОЛОЖЕННЯ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ ГАЗСПОЖИВАЛЬНИХ КОТЛОАГРЕГАТІВ	65
---	----

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

Савчук Олександр Васильович ЗАГРОЗА ВИТОКУ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ БАНКУ З ВРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА	70
--	----

ІНШЕ

Stepanov Viktor TOURISM AS A SOCIAL INSTITUTION IN THE CONTEXT OF SOCIAL TRANSFORMATIONS	74
---	----

Matwiejew Andrzej RECENZJA NA KSIĄŻKĘ: TOMASZ SIŃCZAK, OSTATNI WIELKI SZACH. OBRAZ CHOSROESA II PARWEZA (591–628), KRYŁA IRANU W KRYTKIEJ KRONICE KOŃCA SASANIDZKIEGO IMPERIUM I WCZESNEGO ISLAMU, MARSZAŁEK DEVELOPMENT & PRESS, TORUŃ 2020, SS. 161	76
---	----

UDC 614.449.57

Operchuk Nadiia*Candidate of Medical Sciences, General Director**Kirovograd Regional Center for Disease Control and Prevention**of the Ministry of Health of Ukraine,**Head of the Department of Epidemiology and Infectious Diseases № 2**Donetsk National Medical University*

ORCID: 0000-0002-8793-9760

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

ASSESSMENT OF THE MALARIAGENIC SITUATION IN THE KIROVOGRAD REGION IN MODERN CONDITION

Summary. Malaria is a common infectious disease in the world caused by protozoa of the genus *Plasmodium*. In humans, 4 species of malarial plasmodia (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malaria* and *P. ovale*) parasitize, of which *P. falciparum* and *P. vivax* are the most common and *P. falciparum* is the most dangerous. *Plasmodium malaria* in humans causes tropical, three-day, four-day and three-day (oval) types of malaria. The pathogen enters the human body through the bite of mosquitoes of the genus *Anopheles*, whose saliva may contain malaria plasmodia. *Plasmodium falciparum* infects human red blood cells (erythrocytes). According to the World Health Organization, in 2020 there were 241 million cases of malaria in the world, 627,000 people died of malaria. A disproportionately high proportion of malaria cases are reported in Africa. According to the World Health Organization, this region accounts for 95% of all cases worldwide and 96% of deaths, respectively. Among those affected in the African region, 80% of malaria deaths are among children under 5 years of age [1; 3].

Key words: Malaria, *Plasmodium*, *Anopheles*, analysis, infection.

Aim. Study and analysis of the malariagenic situation in Kirovograd region.

Materials and methods. The research was conducted by specialists of the Department of Biological Factors Research of the Kirovograd Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine. The paper used accounting forms of entomological research of the laboratory of particularly dangerous infections, form № 2 “Report on individual infectious and parasitic infections”, own entomological observations in different administrative territories of Kirovograd region. Methods of epidemiological diagnostics were used: retrospective epidemiological analysis, operative epidemiological analysis, descriptive and evaluative methods.

Results and discussion. According to the Global Malaria Strategy for 2016–2030, the number of new malaria cases and deaths from it is planned to be reduced by at least 90%; also eliminate malaria in at least 35 countries and prevent malaria from returning to non-malaria countries [2]. But the risk of malaria in the European region has increased in recent years due to global climate change, intense migration, and declining health concerns among malaria.

In Ukraine, cases of malaria imported from endemic countries are mainly registered. Imported malaria infects foreigners and citizens of Ukraine in malaria-prone countries. These are mainly sailors, pilots, tourists, businessmen, people who work under contract in tropical countries of Africa, South America, Asia, etc. There is a significant risk of transboundary introduction of malaria into Ukraine by transport vessels on international transport corridors, particular the import of infected mosquitoes, etc. [4].

Malaria is one of the most serious infectious diseases transmitted to humans through mosquito bites of the genus *Anopheles*. Malaria is characterized by a cyclic form of flow. An attack of exacerbation often lasts from 6 to 10 hours. At this time, the patient may experience a sharp rise in body temperature to 40–41 degrees; fever with a constant change of heat, then chills; headache; muscle pain; weakness; nausea; vomiting; fatigue, etc. After the acute phase of the disease passes, the body temperature drops to normal or sub febrile. At this time, there is heavy sweating and deep sleep, which lasts from 2 to 5 hours. Recurrence occurs in 48–72 hours [5; 7].

Almost half of the world's population in 2020 was at risk of malaria. The incidence of malaria infection and severe forms is much higher among

infants, children under 5 years of age, pregnant women and patients with HIV, AIDS, and low-immunity individuals arriving in malaria-intensive countries [3].

Epidemiological surveillance (surveillance) of malaria involves the continuous and systematic collection, analysis and interpretation of data on malaria, the use of such data in the planning, implementation and evaluation of practical health measures. Improving epidemiological surveillance of malaria and deaths from malaria helps the health care system identify the most at-risk regions and populations, and allows countries to track trends in morbidity. Reliable systems for epidemiological surveillance of malaria allow the development of effective measures to protect public health and evaluate the effectiveness of programs to combat malaria [2; 8].

In Ukraine, the incidence of malaria in the period 2017–2021 ranges from 0.05 per 100,000 populations to 0.11 per 100,000 populations. In the Kirovograd region, sporadic cases of malaria imported from endemic countries have been registered over the years of observation. Incidence rates range from 0.01 per 100,000 populations to 0.42 per 100,000 populations. In 2017 and 2021, cases of malaria in the Kirovograd region were not registered. In 2021, 4 patients who returned from malaria-endemic countries were registered as having malaria in previous years. According to the results of systematic medical observation and laboratory examination of malaria patients, these patients were removed from the dispensary register. Intensive rates of malaria in the Kirovograd region and in Ukraine for the period 2017–2021 are presented in Figure 1.

Determining the endemicity of malaria in the territory of Ukraine and Kirovograd region requires strengthening the entomological and hydraulic supervision of vectors of this disease. Systemic

monitoring of malaria vectors and entomological and hydraulic interventions are influenced by reforms in the health care and public health systems, including a reduction and significant reduction in the number of professionals, most of whom have no experience in medical entomology.

During 2021, malaria and non-malaria mosquitoes were observed in the Kirovograd region, 4 species of malaria mosquitoes and 11 species of non-malaria mosquitoes were identified. 2769 reservoirs were subject to entomological accounting, of which 96.8% were certified. Of all certified reservoirs, 40.8% (1093) are anophelogenic. Anophelogenic area is 3032.6 hectares [6]. The average seasonal number of larvae of *Anopheles* per square meter is 11.6. Average seasonal indicators of the number of larvae of non-malarial mosquitoes of the genus *Aedes* — 16.8; *Kulex* — 10.7 and remain at the level of previous years.

In the epidemiological season of 2021, the main phenological phenomena of malaria mosquitoes were established during entomological observation. The beginning of the season of effective infection of mosquitoes with the malaria pathogen began on May 16, which is slightly earlier than in the previous 2020 (from June 1). The start of the season of possible malaria infection on June 20, 2021, which is approximately the same as in the previous epidemic season (June 19, 2020). The malaria epidemic season of 2021 was found to be 165 days long with the end of the malaria transmission season on October 27, 2021, one month earlier than 2020 (November 27, 2020) due for environmental temperature.

In order to detect the causative agent of malaria, the laboratories of health care facilities in 2021 conducted 240 studies, examined 108 people, including according to the clinical indications of 11 patients and 97 persons according to epidemic indications

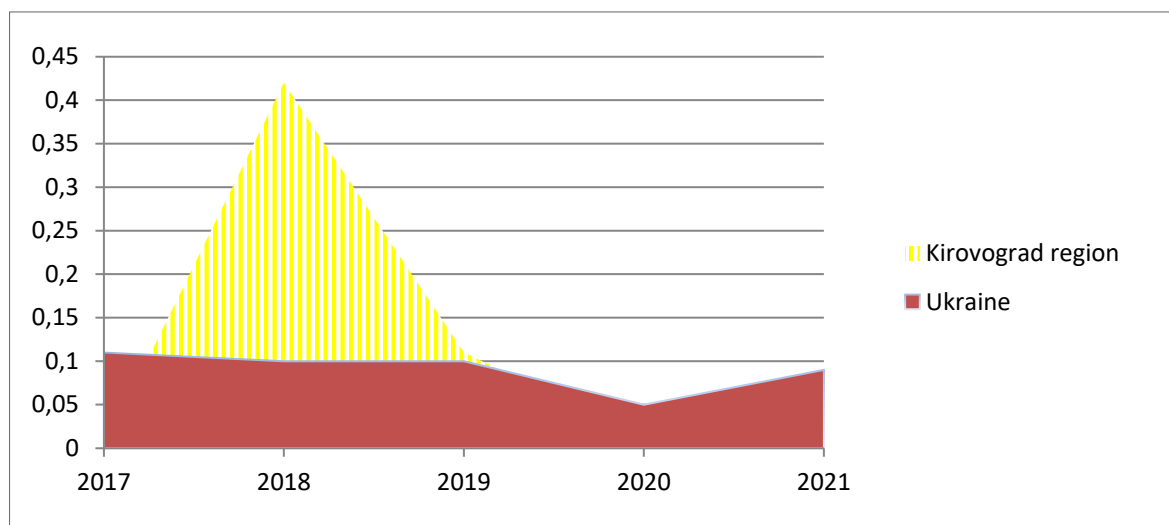


Fig. 1. Incidence rates of malaria in Ukraine and Kirovograd region in the period 2017–2021 per 100,000 populations

(citizens who returned from malaria-endemic countries). No malaria pathogens have been identified.

Direct treatment of water bodies against the larvae of malaria and non-malaria mosquitoes in the region in 2021 was not carried out due to the lack of epidemiological indications. As in previous years, one of the main methods of regulating the breeding of blood-sucking arthropods was to carry out hydraulic works (harvesting floating and mowing coastal vegetation). UAH 389.08 thousand was spent on hydraulic engineering measures in 2021, 58.0 ha of rivers, 18.0 ha of ponds, 76.0 ha of other watercourses, as well as 113.1 ha of coastal areas was put in order.

Conclusions. The population of malaria and non-malaria mosquitoes in the Kirovohrad region remains significant, which may complicate the ma-

lariagenic situation in the region. The number of blood-sucking mosquitoes of the genera *Aedes* and *Kulex* remains significant. Given the location of the region in the wettest part of the forest-steppe of Ukraine, optimal temperature, high numbers of vectors, import of malaria cases from endemic countries, especially in the season of transmission, the data indicate the presence of malaria difficult conditions in the region. This requires the need for systematic epidemiological surveillance of malaria, continuous assessment of the socio-economic situation and climatic determinants. Continuous preventive measures for timely detection of patients, isolation and treatment of malaria patients, systematic monitoring and regulation of the number of vectors of malaria pathogens and prevention of the spread of infected vectors from endemic areas.

Literature

1. World Health Organization: ЕРБ ВОЗ | Трансмісивні та паразитарні захворювання [Електронний ресурс] // Global strategy. URL: <https://www.euro.who.int/ru/search?q=%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5+%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%8B%D0%B8%D0%B8#gsc.tab=0&gsc.q=%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8&gsc.sort=>
2. World Health Organization: Global technical strategy for malaria 2016–2030, 2021 update [Електронний ресурс] // Global strategy. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031357>
3. Всемирная организация здравоохранения. Малярия [Електронний ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. World Health Organization. 2022. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
4. Sydorchuk A. S. Current therapeutic evidence based approaches to patients with falciparum and non-falciparum malaria / A. S. Sydorchuk, V. D. Moskaliuk. // Клінічна та експериментальна патологія. 2020. Р. 202–207.
5. Grouzard V. Клинические рекомендации по диагностике и лечению малярии / V. Grouzard, J. Rigal, M. Sutton // Актуальная инфектология. 2017. Р. 74–80.
6. Паспорт Кіровоградської області (станом на 01.01.2016) [Електронний ресурс] // Кіровоградська обласна державна адміністрація. 2016. URL: <http://old.menr.gov.ua/protection/protection1/kirovogradska>
7. Городецька Г. Складнощі діагностики тропічної малярії / Г. Городецька // Лабораторна справа. 2021. С. 22–28.
8. Подолук О. А. Всемирный день борьбы с малярией / О. А. Подолук // Клиническая инфектология и паразитология. 2018. Т. 7. № 2. С. 290–292.

Яремчук Аліса Василівна

учитель-методист, учитель біології,

«спеціаліст вищої категорії»

Лицей № 3 Коростишівської міської ради

Yaremchuk Alisa

Teacher-Methodologist, Biology Teacher,

«Specialist of the highest Category»

Lyceum № 3 of the Korostyshiv City Council

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8047

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

RESEARCH OF METHODS AND TECHNOLOGIES OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

Анотація. Досліджується вплив продуцентів біогазу. Акцентується увага на екологічній складовій технології виробництва біопалива. Розглянуті основні методи очищення стічних вод. Запропоноване обладнання для реалізації виробництва біогазу з відходів сільськогосподарських та комунальних підприємств для кращих умов розвитку і активного метаболізму мікроорганізмів при біологічному очищенні стічних вод.

Ключові слова: очищення стічних вод, біогаз, біологічне очищення, мікроорганізми.

Summary. The influence of biogas producers is studied. Emphasis is placed on the environmental component of biofuel production technology. The main methods of wastewater treatment are considered. The offered equipment for realization of production of biogas from wastes of agricultural and municipal enterprises for the best conditions of development and active metabolism of microorganisms at biological sewage treatment.

Key words: wastewater treatment, biogas, biological treatment, microorganisms.

Вступ. Важливим напрямом ресурсозбереження на сучасному етапі розвитку цивілізації є розроблення технологій виробництва біопалива і перш за все біогазу з органічних відходів.

Аргументом на користь біогазу є необхідність вирішення на сучасному рівні екологічних проблем, що виникають при утилізації відходів. Однією з основних тенденцій у розгортанні екологічно безпечного виробництва продукції рослинництва і тваринництва є розвиток комплексних технологій з використанням процесів метанового зброджування при утилізації біомаси, в результаті якого утворюється біогаз. Для виробництва біогазу придатними є різноманітні відходи агропромислового комплексу, які містять целюлозу та інші цукри. У сільськогосподарських та побутових відходах за певних умов виникають біохімічні процеси, які називаються ферментацією. У результаті ферментації із сільськогосподарських відходів одержують не лише біогаз, але й концентровані органічні добрива, які є цінним

продуктом для застосування в сучасних технологіях вирощування культур — системах органічного землеробства тощо.

В багатьох країнах Європи відновились інтенсивні експериментальні пошуки ефективної технології метанової ферментації, що дає можливість виробництва біогазу з різної сировини сільськогосподарського походження. У результаті широко-масштабних досліджень було створено технологію безкисневої переробки сільськогосподарських відходів, відому сьогодні в усьому світі. Її реалізація у різних регіонах має свою специфіку. В Європі внаслідок низьких температур застосовують додаткове підігрівання для забезпечення необхідної температури метанової ферментації. У більшості випадків використовують комплексні системи, які виробляють з біогазу одночасно теплоту та електроенергію, проте їх недоліком є високі одиничні інвестиційні витрати. У порівнянні з іншими носіями енергії біогаз відрізняється своєю перспективністю, особливо для сільської місцевості.

Виробництво біогазу з різних видів сільськогосподарських відходів, головним чином з гною, є традиційною технологією в ряді країн. Біогазові установки отримали широке розповсюдження в Західній Європі, де приблизно 3/4 їх припадає на невеликі установки з ємністю реакторів від 100 до 300 м³, утилізуючих в основному відходи тваринництва. Біля 90 більш великих промислових біогазових установок з робочим об'ємом реактора до 5000 м³ застосовуються для переробки стоків гною. Доцільність автономного енергозабезпечення ферм з власного джерела енергії та необхідність зменшення шкідливих викидів в оточуюче середовище роблять енергетичний біогазовий блок обов'язковим елементом сучасних тваринницьких комплексів.

Зараз загальна кількість промислових біогазових установок на території ЄС складає близько 750 одиниць, з них найбільше (500) знаходиться у Німеччині, в Австрії — 120, в Італії — 70, у Швейцарії — 59 і в Данії — 40. Сьогодні в Данії існує близько 20 великих централізованих об'єктів типу CAD (Centralised Anaerobic Desgestion), що обслуговують господарства у радіусі 10–15 кілометрів. В Австрії функціонують 3 об'єкти такого типу, у Швеції — 8, в Італії — 5 і в Німеччині — 3. Великі CAD-системи щорічно постачають з аграрних кооперативів по декілька сот тонн сільськогосподарських відходів. Перевагами централізованих систем є можливості використання передових технологій знезаражування та звільнення від великої кількості баластних речовин у сировині.

Утворений в результаті метанової ферментації біогаз є джерелом теплової або електричної енергії. Енергетична цінність біогазу залежить від частки метану і в середньому складає 17 МДж/м³–23 МДж/м³. З одного метра кубічного гноївки можна отримати близько 20 м³ біогазу з енергетичною цінністю 20 МДж/м³–25 МДж/м³.

Після виділення з біогазу двоокису вуглецю шляхом розчинення його у лужній воді можна отримати газ із вмістом до 95% метану, тоді його енергетична цінність зростає до 36 МДж/м³ [1].

В Україні представлені розробки дослідних та промислових зразків обладнання для реалізації виробництва біогазу з відходів сільськогосподарських та комунальних підприємств [2–6]. Обсяги виробництва біогазу з агропромислової сировини в Україні можна оцінити на рівні 1,6 млн. тонн умовного палива (рис. 1). Враховуючи сучасні технологічні можливості використання зеленої маси, як вихідної сировини, для одержання біогазу, потенціал біогазового палива можна вважати істотно більшим. За попередніми оцінками, із сировинної бази України при частковому використанні ріллі й пасовищ для вирощування біомаси та органічних відходів тваринницьких комплексів можна одержувати енергію у кількості до 2·10¹⁰ МДж/рік. Таким чином, напрямки технологічних і технічних розробок дозволяють забезпечити виробництво екологічно чистої продукції тваринництва і рослинництва для дитячого, дієтичного і профілактичного харчування, усунути забруднення навколишнього середовища при одночасному зменшенні енергетичних і матеріальних витрат.

Очищення стічних вод

Мікробний синтез біогазу здійснюється консорціумом різноманітних мікроорганізмів, серед яких присутні продуценти метану, як основної складової утвореного газу.

Утилізація і знешкодження стічних вод складає одну з найважливіших екологічних проблем теперішнього часу і в цьому напрямку напрацьовано безліч різноманітних технологічних прийомів, в основі яких лежать біохімічні та фізико-хімічні процеси деградації компонентів забруднення стічних вод [7].

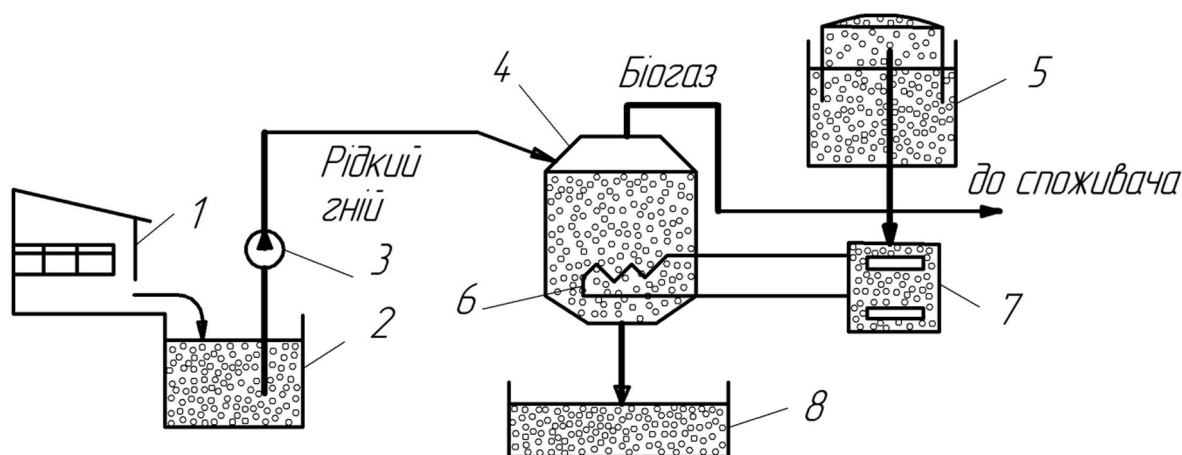


Рис. 1. Технологічна схема виробництва біогазу:

1 — ферма; 2 — навозоприймач; 3 — насос; 4 — метантенк; 5 — газгольдер; 6 — теплообмінник;
7 — казан; 8 — гнієсховище

Біологічне очищення може реалізуватися у штучно створених умовах. Цей процес можна контролювати і регулювати, а, отже, інтенсифікувати. Саме можливість регулювання ступеню очищення привела до створення різноманітних технологічних прийомів, критерієм ефективності яких є ступінь очищення, тобто екологічний чинник, і вартість очищення — економічний чинник. У загальному випадку, знаючи принцип метаболізму мікроорганізмів, в тому числі і продуцентів біогазу можна досягти будь-якого ступеня очищення, але обмеженням по організації тієї або іншої технології може бути її вартість, яка, перш за все в період експлуатації очисних споруд залежить від енерговитрат і чисельності обслуговуючого персоналу.

Високу і стабільну якість очищення стічних вод можуть забезпечити аераційні споруди, в яких сорбцію і деструкцію здійснюють мікроорганізми (активний мул), що знаходяться в зваженому стані в стічній воді. Разом з тим аеротенки, окиснювальні канали, керовані ставки мають суттєві недоліки:

- значні витрати електроенергії (0,4 кВт·ч – 0,6 кВт·ч на 1 м³ міських стічних вод);
- ненадійність роботи повітродувки, вентиляторів високого тиску, механічних аераторів в тривалій експлуатації.

Серед використовуваних методів очищення виробничих і побутових стічних вод, біологічне очищення є економічно вигідним, а іноді і єдино можливим. В основі технології біологічного очищення лежить використання активного мула, або біоплівки, що є скупченням живих і мертвих мікроорганізмів, і вони є першопричиною деструктивних біохімічних процесів.

При виборі технології утилізації та знешкодження стічних вод керуються наступними основними положеннями:

- типом (характеристикою) води (осадів) за її походженням — побутові, промислові, дощові та ін., причому основними параметрами, що визначають технологію очистки є кількість води, що поступає на очистку, концентрація в ній забруднень, здатних до метаногенезу, наявність чи відсутність токсичних елементів;
- необхідністю максимального зменшення кількості стічних вод і зниження вмісту в них забруднень — ефективність очистки;
- можливість і економічна доцільність виділення із стічних вод цінних компонентів і їх подальша утилізація;
- повторним використанням стічних вод (очищених і неочищених) в технологічних процесах і системах оборотного водопостачання;
- мінімальне скидання стічних вод у водоймище;
- очисною спроможністю водоймища, куди направляється вода після очистки.

Маючи ці дані можна вибрати схему для перевірки декількох способів очистки. На підставі

експериментальних досліджень з урахуванням техніко-економічних показників вибирають оптимальний спосіб очищення стічних вод [8–9].

Органічні забруднення стічних вод і методи їх контролю

Для вибору системи очистки та розрахунку її ефективності потрібно мати інформацію стосовно характеристики забруднень [10]. У воді знаходиться достатньо широкий спектр забруднень, і їх можна класифікувати за дисперсним складом, хімічним складом, можна поділити на органічні та неорганічні та ін.

Для вибору показника, що визначає якісні характеристики СВ або іншого субстрату, його здатність до біологічної конверсії продуцентами біогазу застосовують показник концентрації вуглецевмісних речовин. Традиційно, найбільш поширеним показником, що характеризує забрудненість води речовинами є хімічне споживання кисню — ХСК. Цей показник претендує на узагальнюючий характер підкреслюючи те, що під час окиснення при визначенні ХСК з окислювачем реагують не тільки органічні речовини, але і деякі неорганічні компоненти води. Як правило, неорганічних речовин у питній та стічній воді, що реагують з окислювачем небагато, тому визначення ХСК зв'язують тільки з органічними речовинами. Метод контролю ХСК відносять до групових методів, так як він визначає сумарну кількість органічних речовин, що взаємодіють з окислювачами різної сили. Хімічна окиснюваність визначається за допомогою окислювачів двох типів:

- слабкий — перманганат калію (KMnO_4), в цьому випадку назва методу та виду окиснення носить назву «перманганатна окиснюваність»;
- сильний окислювач — біхромат калію ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ у кислому середовищі) або йодат калію KIO_3 .

Біхроматну та йодатну окиснюваність називають ХСК.

В якості базового органічного забруднювача фіксуються сполуки вуглецю, тому показник ХСК співвідносять з кількістю вуглецю — вуглецевий субстрат. Наприклад, між ХСК та загальною кількістю вуглецю у стічній воді тваринницьких комплексів існує залежність виду:

$$\text{ХСК} = 45,04 \text{ С} - 2,16.$$

Після аеробного очищення

$$\text{ХСК} = 30,86 \text{ С} - 0,38.$$

Для приблизних розрахунків можна прийняти, що співвідношення $\text{ХСК}/\text{С} = 40$.

Біхроматна методика визнається як арбітражна, так як по ній окислюється майже 100% органічних речовин.

Біохімічне споживання кисню. Для характеристики води з точки зору їх екологічної оцінки використовують показник — біохімічного споживання кисню. БСК — кількість кисню, споживана на

біохімічне окиснення забруднюючих речовин, що містяться в стічних водах, в певний інтервал часу.

Вміст у воді органічних забруднень, які можуть бути окислені мікроорганізмами в процесі їх метаболізму, визначають як біохімічну окиснюваність. При цьому частина використаних органічних речовин витрачається на енергетичні потреби мікроорганізмів, а інша частина — на синтез клітинної речовини. Частина поллютантів, що витрачається на енергетичні потреби, окислюється мікроорганізмами до кінцевих продуктів розкладання, склад яких залежить від виду компоненту, що окислюється, окисно-відновних і кислотно-лужних умов середовища, в загальному вигляді: CO_2 , H_2O , NH_4 , (NH_3) , SO_4 , (H_2S) , HPO_4 (у дужках вказані сполуки, що редукуються мікроорганізмами в анаеробних умовах). Продукти окиснення — метаболіти виводяться з клітини в зовнішнє середовище. Для здійснення метаболізму багато мікроорганізмів як акцептор електронів і протонів використовують кисень. Кількість кисню, необхідного мікроорганізмам на весь цикл реакцій отримання енергії і синтезу носить назва БСК — біологічна потреба в кисні. БСК визначають аналітично, по різниці концентрації кисню в початковій, аналізованій пробі води і після процесу метаболізму мікроорганізмів, через 5 або 20 діб (у останньому випадку значення БСК називають повним) при цьому кількість нітритів складає 0,1 мг/л.

Співвідношення між $\text{БСК}_{20}/\text{БСК}_5$ 1,5–1,8.

Для приблизних розрахунків приймають

$$\text{ХСК} = 1,43\text{БСК}_n.$$

Визначення БСК вважають правильним, якщо до кінця інкубації в склянці залишається від 3 до 5 міліграма $\text{O}_2/\text{дм}^3$. Розчинність кисню у воді при атмосферному тиску визначається температурою; при 20 °C у дистильованій воді розчиняється 9,17 міліграм $\text{O}_2/\text{дм}^3$, отже максимальне значення БСК, визначуване при цій температурі складе 6,17 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$. Специфічною ознакою БСК_n є те, що цей показник визначає дійсні потреби у кисні при очищенні води у діючих спорудах.

Суттєвий елемент визначення — бактеріальна заправка — рідина що містить бактерії що здатні розкладати органічні речовини СВ (адаптований біоценоз). Для контролю побутових стоків це внесення непотрібне — у воді є достатня кількість сапрофітів.

Господарсько-побутові стоки відносяться до найбільш стабільних за складом, видам СВ. Визначено, що від кожної людини за добу формується такий спектр забруднень:

- зважені речовини — 65 г;
- органічні речовини визначені по рівню БСК_{20} — 75 г;
- азоту амонійного (NH_3) — 8 г;
- фосфатів — (P_2O_5) 3,3;
- хлоридів — 9 г;
- ПАР — 2,5 г.

Концентрація забруднень дорівнює

$$C = (a1000)/q,$$

де a — норма забруднень на 1 людину, [г/добу];

q — норма водовідведення, [$\text{дм}^3/\text{добу}$].

Для конкретного виробництва можна виділити 4 групи СВ, що класифікуються по концентрації забруднень:

- слабозабруднені;
- забруднені;
- сильно забруднені або концентровані;
- токсичні.

При виборі системи очищення визначають характер стічної води, яка може бути класифікована, як слабозабруднений, забруднений, сильнозабруднений або концентрований, токсичний сток.

Для слабозабруднених стоків, що можуть бути передані в систему міського каналізування СВ без попередньої обробки:

- $\text{pH} = 6,0 - 8,5$;
- $\text{БСК}_{\text{повн}} \leq 500 \text{ мг/л}$;
- $\text{ХСК}/\text{БСК}_{\text{повн}} \leq 1,5$;
- загальний солевміст $\leq 1 \text{ г/л}$, в тому числі вміст сульфатів $\leq 100 \text{ мг/л}$ та хлоридів $\leq 300 \text{ мг/л}$.

До забрудненого стоку відносяться викиди, які можуть бути передані в систему каналізації підприємства від місць утворення без попередньої обробки. Але для загального стоку підприємства може знадобитися локальна очистка перед скидом води у каналізацію. Цей сток може бути охарактеризований такими показниками:

- $6,0 > \text{pH} > 8,5$;
- $\text{БСК}_{\text{повн}} > 500 \text{ мг/л}$;
- $\text{ХСК}/\text{БСК}_{\text{повн}} > 1,5$.

Сильнозабруднені або концентровані стоки утворюються на окремих ділянках виробництва і потребують спеціальної обробки перед скидом води у каналізацію. Локальна очистка для цих вод технічно можлива та економічно доцільна.

До четвертої групи — токсичні стоки відносяться води для яких або не існує технічних систем локального очищення, або вони економічно не вигідні.

Мінеральні забруднення стічних вод і розчинені гази

Найбільш простим типом забруднення у воді є неорганічні — мінеральні частки. В цій ситуації ми маємо справу з неоднорідною системою, що складається з декількох фаз.

У стічних водах неорганічну частину забруднень складають солі, властиві водопровідній воді і що утворюються в процесі обмінних реакцій в організмі людини, зокрема фосфати і амонійні солі [11].

У виробничих стічних водах у високих концентраціях можуть знаходитися специфічні мінеральні речовини: олово, мідь, свинець, цинк, кадмій, різні кислоти і ін. Мінеральні забруднення, в основний склад яких входять зважені речовини, представлені піском і глинистими частинками,

що потрапляють в побутові води при митті овочів і фруктів, прибирання приміщень і т.д. Характер і кількість мінеральних поллютантів виробничих стічних вод визначається видом діяльності підприємства. Це можуть бути мінеральні речовини аналогічні для господарський-побутових стічних вод або специфічні — окалина, цементний пил та ін.

Наявність розчинених газів в стічних водах свідчить про біохімічні процеси в них. Розчинений кисень свідчить про досить високий ступінь очищення, присутність іонів амонію (або аміаку), сполук сірки — про протікаючий процес амоніфікації білків, при чому в аеробних умовах сірка присутня у вигляді сульфат-іона, а в анаеробних умовах сірка відновлюється до сірководню або сульфід-іона; поява метану може бути обумовлена процесом метаногенезу, що протікає в анаеробних умовах.

Способи очищення та технічна реалізація

Утилізація і знешкодження стічних вод — це набір технологічних прийомів, в основі яких лежать біохімічні (біотехнологічні) або фізико-хімічні процеси деградації шкідливих компонентів стічних вод.

Використання природного біологічного очищення (лагун, плато, ґрунтового очищення) скорочується як в нашій країні, так і у ряді індустріальних розвинених країн зарубіжжя.

Як альтернатива природному біологічному очищенню використовується біологічне очищення в штучно створених умовах або біотехнологічне очищення. Воно протікає значно інтенсивніше. Цей процес можна контролювати і регулювати, а, отже, інтенсифікувати. Саме можливість регулювання ступеню очищення привела до створення різноманітних технологічних прийомів, критерієм ефективності яких є ступінь очищення, що досягається, тобто екологічний чинник, і вартість очищення — економічний чинник.

У загальному випадку, знаючи принципові основи метаболізму мікроорганізмів, можна добитися будь-якого ступеня очищення, але обмеженням по організації тієї або іншої технології (обладнання) може бути її вартість, яка, перш за все у період експлуатації очисних споруд залежить від енерговитрат і чисельності обслуговуючого персоналу.

Високу і стабільну якість очищення стічних вод можуть забезпечити аераційні споруди, в яких сорбцію і деструкцію здійснюють мікроорганізми (активний мул), що знаходяться в зваженому (супендованому стані) в стічній воді, що очищається. Разом з тим аеротенки, окиснювальні канали, ставки з аерацією мають суттєві недоліки: значна витрата електроенергії (0,4–0,6 кВт/год на 1 м³ міських стічних вод); ненадійність роботи повітродувки, вентиляторів високого тиску, механічних аераторів, що знаходяться в тривалій експлуатації.

Промислові стічні води різного походження — від різних галузей, для очистки яких найчастіше використовують біологічні методи, умовно можна розділити на три групи.

В першу групу відносять ті, що забруднені органічними речовинами без специфічних токсичних забруднень. В основному це стічні води підприємств харчової промисловості. Біологічна очистка цих стоків зазвичай не представляє собою великих труднощів.

Другу категорію складають стічні води, які мають у своєму складі забруднення, що біохімічно окисляються, а також токсичні сполуки. В деяких випадках попереднє видалення токсичних сполук створює можливість подальшої біологічної очистки.

Третю категорію стічних вод представляють деякі види стоків, що не мають органічних забруднень і забруднених в основному кисневмісними солями. Біологічна очистка таких стоків ґрунтується на можливості мікроорганізмів використовувати окислені сполуки азоту, хрому, хлору в якості кінцевого акцептора водню при зв'язаному окисленні органічних речовин побутових стічних вод чи відходів виробництва.

Сучасні станції очищення стічних вод вважаються промисловими комплексами, які продукують очищену воду.

Способи очищення умовно можна розділити на декілька блоків (стадій):

- механічне видалення забруднень;
- фізико-хімічна корекція складу СВ;
- біологічна деградація (біодеградація) компонентів СВ;
- фізико-хімічна або біологічна обробка осадів;
- фізико-хімічна підготовка води до скиду у прийомник води.

Перелік цих способів дозволив сформулювати декілька уніфікованих схем очистки з використання блоку біодеградації.

Комплекс очисних споруд включає чотири основні блоки і відповідні до їх функцій види обладнання (в цьому випадку, на відміну від попередньої класифікації по способам, дана більш конкретна класифікація по блокам):

- блок механічного очищення;
- блок біологічного (хімічного) очищення;
- блок знезараження води;
- блок обробки осадів.

У блоці механічного очищення з води вилучаються нерозчинні речовини (забруднення), при цьому вони (забруднення) розділяються на 2 блоки:

- переважно неорганічні (пісок, камінці, та ін);
- переважно органічні (розчинені та нерозчинні).

Послідовність видалення різних забруднень обумовлена ступенем їх дисперсності і питомою масою [12].

На першій стадії очищення воду проциджують через ґрати, що затримують крупні речовини — викиди.

На наступній стадії вода звільняється від важких мінеральних забруднень, що осідають (пісок, каміння).

Нарешті, на останній стадії механічного очищення в первинних відстійниках виділяють частину зважених речовин, які в результаті седиментації утворюють осад, який зазвичай називають сирим. Сирий осад і інші органічні відходи передаються на споруди обробки осаду для знешкодження і стабілізації.

Друга стадія. Біологічне очищення реалізується в штучно створених умовах. Воно базується на здатності різних груп мікроорганізмів використовувати компоненти цих вод як ефективні джерела енергії і матеріалу для побудови свого тіла. Ідея біологічного очищення запозичена людиною у природи, де постійно йдуть складні біохімічні процеси розкладання органічних речовин за участю різноманітних організмів.

Біологічний спосіб очищення може здійснюватися в аеробних і анаеробних умовах. Аеробні методи застосовують в основному для малокоцентрованих субстратів, оскільки в аеробних умовах значна частина забруднень використовується мікроорганізмами в конструктивному метаболізмі, внаслідок чого утворюється надмірна біомаса, пропорційна масі знятих забруднень.

Третя стадія. Після біологічного очищення води процес закінчується її знезараженням. Для цього на станціях очищення стічних вод зазвичай застосовують хлор.

В практиці очистки стічних вод також застосовують реагентні методи: коагуляцію, флокуляцію, осадження забруднень, фільтрування, флотацію, адсорбцію, іонний обмін, зворотний осмос та ін.

До споруд біологічного очищення відносяться аеротенки, біофільтри, біологічні ставки і ін.

Умови випуску СВ після очистки. В тому випадку, коли підприємство має власні очисні споруди і при цьому воно розташоване у місті, де є міські очисні споруди, тоді до попередньо очищеної води пред'являються такі вимоги:

- в них не повинно бути забруднень, які можуть порушити нормальний ритм роботи каналізації і очисних споруд.

Ці виробничі води не повинні містити:

- зважених і спливаючих речовин в кількості більше 500 мг/л;
- речовин, здатних засмічувати труби каналізаційної мережі або відкладатися на стінках труб;
- речовин, що мають руйнуючу дію на матеріал труб і елементи споруд каналізації;
- горючих забруднень і розчинених газоподібних речовин, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші в каналізаційних мережах і спорудах;
- шкідливих речовин в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водоймище (з урахуванням ефекту очищення).

Температура цієї води не повинна перевищувати 40 °С.

Біологічні агенти у складі активного мулу. Складності очищення стічних вод обумовлена надзвичайною різноманітністю забруднень в стоках, кількість і склад яких постійно змінюється в наслідок появи нових виробництв і зміні технологій тих, що існують.

Спосіб очищення стічних вод активним мулом є найбільш універсальним і широко вживаним при обробці стоків. Використання технічного кисню, високоактивних симбіотичних культур мулу, стимуляторів біохімічного окиснення, різного роду вдосконалених конструкцій аеротенків, метантенків, аераційного устаткування і систем відділення активного мулу дозволили у декілька разів підвищити продуктивність методу біологічного очищення. Значні резерви приховані також в області інтенсифікації масообміну.

Всі відомі системи біологічного очищення рідких стоків промислового, господарсько-побутового та змішаного походження можна розділити на дві групи — екстенсивні і інтенсивні.

До екстенсивних відносять способи, що безпосередньо не пов'язані з керуванням культивуванням мікроорганізмів:

- поля зрошування;
- поля фільтрації;
- біоставки (біоплато).

У основі інтенсивних способів лежить діяльність активного мулу або біоплівки, тобто те, що природно виникає з біоценозу, який формується на кожному конкретному виробництві залежно від складу стічних вод (СВ) і вибраного режиму очищення. Формування біоценозу — процес достатньо тривалий і такий, що йде постійно в ході очищення стічної води в промислових апаратах.

На підставі означеної класифікації існує достатньо спрощена класифікація очисних споруд на природні та штучно створені. В них всіх основну роль виконує біоценоз активного мулу, який може існувати в різних культуральних формах (зовнішня форма учасників біоценозу).

У штучних умовах біологічне очищення застосовують в аеротенках, біофільтрах та метантенках. У цих умовах процес очищення відбувається інтенсивніше, оскільки створюються кращі умови для розвитку і активного метаболізму мікроорганізмів (рис. 2).

Всю відому сукупність споруд біологічного очищення у штучно створених умовах доцільно розділити на три групи за характеристикою типу розташування в них активного мулу:

- коли активний мул знаходиться у воді у вільному (зваженому) стані — хлопок активного мулу;
- коли активний мул закріплений (імобілізований) на нерухомому матеріалі, а стічна вода тонким шаром стікає по матеріалу завантаження — біоплівка;

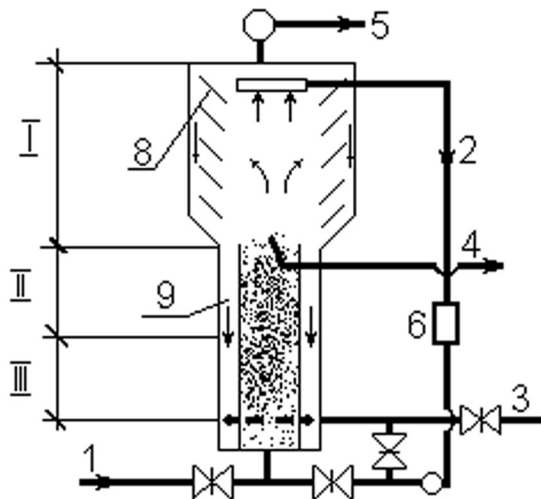


Рис. 2. Схема анаеробної біосорбційної установки:

I — зона розподілу; II — зона гранульованого псевдозрідженого активного мулу; III — зона псевдозрідженого адсорбенту; 1 — вода на очищення; 2 — вода на рециркуляцію і на промивку фільтра; 3 — очищена вода; 4 — відведення надмірного мулу; 5 — відведення метану; 6 — водонагрівач; 7 — вентиль; 8 — тонкошаровий муловідділювач; 9 — зернистий фільтр доочистки

— коли поєднуються обидва варіанти розташування біомаси.

Першу групу споруд складають аеротенки, циркуляційні окиснювальні канали, окситенки; другу — біофільтри; третю — занурені біофільтри, біотенки, аеротенки із заповнювачами та метантенки.

Метантенки можуть бути циліндричними, прямокутними, шаро- і яйцеподібними резервуарами (рис. 3).

Підтримка оптимальної температури є одним з найважливіших чинників процесу зброджування. У природних умовах утворення біогазу відбувається при температурах від 0°C до 97°C , але з урахуванням оптимізації процесу переробки органічних відходів для отримання біогазу і біодобрив виділяють три температурні режими:

- психрофільний температурний режим визначається температурами до $(20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$,
- мезофільний температурний режим визначається температурами від 25°C до 40°C ,
- термофільний температурний режим визначається температурами зверху 40°C .

Ступінь бактеріологічного виробництва метану збільшується із збільшенням температури. Але, оскільки кількість вільного аміаку теж збільшується із ростом температури, процес зброджування може сповільнитися. Біогазові установки без підігріву реактора демонструють задовільну продуктивність тільки при середньорічній температурі біля 20°C або вище або коли середня денна температура досягає щонайменше 18°C . При середніх температурах в $20^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ виробництво газу непропорційно збільшується. Якщо ж температура біомаси менша 15°C , вихід газу буде такий низький, що біогазова установка без теплоізоляції і підігріву перестане бути економічно вигідною.

Для біогазових установок, які працюють на змішаному гної КРС, свиней і птахів, оптимальною температурою для мезофільного температурного режиму є $34^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$, а для термофільного $52^{\circ}\text{C} - 54^{\circ}\text{C}$. Психрофільний температурний режим дотримується в установках без підігріву, в яких відсутній контроль за температурою. Найбільш інтенсивне виділення біогазу в психрофільному режимі відбувається при 23°C . На практиці поширеніші

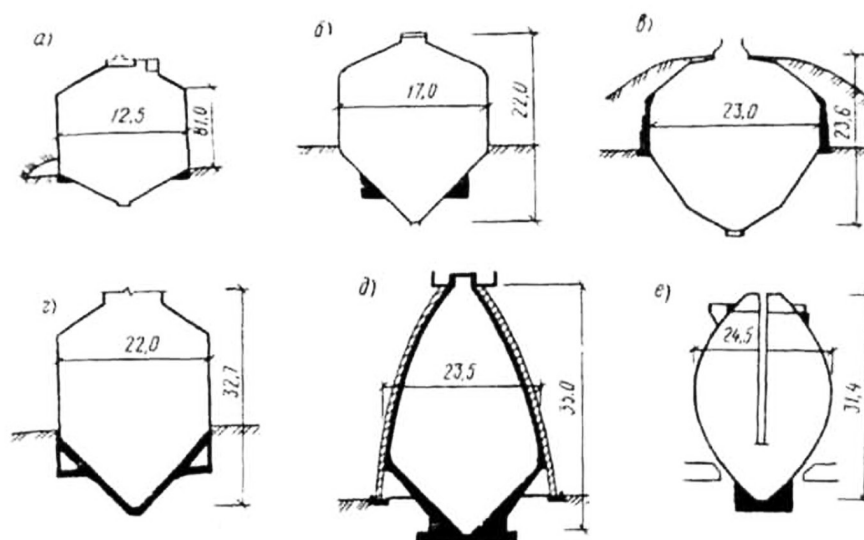


Рис. 3. Розвиток та використання конструкцій метантенків (за даними фірми «Альфа-Лаваль», Швеція):

а — Баден-Баден, 1250 м^3 ; б — Вісбаден, 3000 м^3 ; в — Вупперталь, 6100 м^3 ; г — Штутгарт, 7500 м^3 ; д — Дюссельдорф, 8000 м^3

два температурні режими, це термофільний і мезофільний. У кожного з температурних режимів є свої переваги і недоліки. Переваги термофільного процесу зброджування — це підвищена швидкість розкладання сировини і, отже, вищий вихід біогазу, а також практично повне знищення хвороботворних бактерій, що містяться в сировині. До недоліків термофільного розкладання можна віднести: велика кількість енергії, потрібна на підігрів сировини в реакторі, чутливість процесу зброджування до мінімальних змін температури і декілька нижча якість отримуваних біодобрих.

Процес біометанації дуже чутливий до змін температури. Ступінь цієї чутливості у свою чергу залежить від температурних рамок, в яких відбувається переробка сировини. При процесі ферментації можуть бути допустимі зміни температури в межах:

- психрофільний температурний режим: ± 2 °C в годину;
- мезофільний температурний режим: ± 1 °C в годину;
- термофільний температурний режим: $\pm 0,5$ °C в годину.

При мезофільному режимі зброджування зберігається високий амінокислотний склад біодобрих,

але знезараження сировини не таке повне, як при термофільному режимі.

Висновки. Життєдіяльність метаноутворюючих бактерій можлива тільки за відсутності кисню в реакторі біогазової установки, тому потрібно стежити за герметичністю реактора і відсутністю доступу в реактор кисню, тобто забезпечувати анаеробні умови роботи в апараті.

Процес анаеробного зброджування згущених осадів і робота метантенків оцінюється за виходом біогазу з 1 кг і розпаду, які залежать від навантаження осадів за фактичною вологістю та беззольній речовині на 1 м^3 . Стабільність процесу визначається постійністю підтримання технологічних параметрів. Питомий вихід біогазу для режиму мезофільного зброджування — $18,9\text{ м}^3/\text{м}^3$ за добу ($0,4\text{ м}^3/\text{кг}$ беззольної речовини осадів, що завантажуються). У вітчизняній практиці вихід біогазу при зброджуванні осадів стічних вод складає $12\text{ м}^3/\text{м}^3$ – $15\text{ м}^3/\text{м}^3$ за добу. Регулюється процес зброджування шляхом зміни ступеня згущення осадів, що завантажуються, нагріванням та перемішуванням всього об'єму маси, що зброджується. Створення оптимальних умов для проходження процесу сприяє більш глибокому розпаду вуглецевих сполук осаду і тим самим інтенсифікує газовиділення.

Література

1. Біогаз. Енергія майбутнього. Сучасний стан досліджень / Б.В. Маслич, В.К. Маслич // Ринок інсталяцій. 2001. № 2. С. 34–38.
2. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» № 4004-XII від 24.02.1994 р. та Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» № 2915-III від 19.01.2002 р.
3. Закон України «Про відходи» № 187/98-ВР від 05.03.1998 р.
4. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону атмосферного повітря» № 2556-III від 21.06.2001 р.
5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96. Затв. Наказом МОЗ України від 19.06.1996 р., № 173.
6. Burke D.A. diary waste Anaerobic Digestion Handbook. Environmental Energy company: Olimpia. 2001. Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». ДСанПіН № 383–96. Затв. Наказом МОЗ від 23.12.1996 р. № 383.
7. Биологическая очистка сточных вод и отходов сельского хозяйства: Динамические модели и оптимальное управление / А.Ю. Гараев, Л.Г. Седых, М.Ж. Кристаксонс, А.П. Гриберг, В.Э. Давидс; под ред М.Ж. Кристаксонса. Рига: Зинатне, 1991. 173 с.
8. Калюжный С.В. Высокоинтенсивные анаэробные технологии очистки промышленных сточных вод // Катализ в промышленности. 2004. № 6. С. 42–50.
9. Lyberatos G. Modeling of anaerobic digestion — a review / G. Lyberatos, I. V. Skiadas // Global Nest. 1999. Vol. 1. № 2. P. 63–76.
10. Barampouti E. M.P A mathematical model for the estimation of anaerobic sludge activity / E.M.P. Barampouti, S. T. Mai, A. G. Vlyssides // 8th International conference on environmental science and technology (8–10 September 2003). Greece, Lemons island: 2003. P. 72–78.
11. Simeonov I. Modeling and extremum seeking control of the anaerobic digestion [Електронний ресурс] / I. Simeonov, N. Noykova, Stoyanov S. 2004.
12. Мельник В.М., Ружинська Л.І. Математичне моделювання процесів сушіння при виготовленні твердого біопалива з надлишкового мулу [Текст] // Наука і техніка сьогодні. 2022. № 5(5). С. 484–492.

Ільященко Богдан Вадимович

студент економічного факультету

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Iliashchenko Bohdan

студент экономического факультета

Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Iliashchenko Bohdan

Student of the Faculty of Economics

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Науковий керівник:

Солодка Ольга Олегівна

доктор економічних наук, доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ФІНАНСОВА БЕЗПЕКА КОРПОРАЦІЇ

ФИНАНСОВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОРПОРАЦИИ

FINANCIAL SECURITY OF THE CORPORATION

Анотація. Досліджено теоретичні аспекти фінансової безпеки корпорацій. Уточнено сутність поняття «фінансова безпека корпорацій» на основі невизначених раніше частин проблеми. Розкрито особливості забезпечення фінансової безпеки в умовах нестабільності зовнішнього середовища та методи її оцінювання.

Ключові слова: фінансова безпека, нестабільність зовнішнього середовища, загрози фінансовій безпеці, оцінка фінансової безпеки.

Аннотация. Исследованы теоретические аспекты финансовой безопасности корпораций. Уточнена сущность понятия «финансовая безопасность корпораций» на основе неопределенных ранее частей проблемы. Раскрыты особенности обеспечения финансовой безопасности в условиях нестабильности внешней среды и методы ее оценки.

Ключевые слова: финансовая безопасность, нестабильность внешней среды, угроза финансовой безопасности, оценка финансовой безопасности.

Summary. Theoretical aspects of financial security of corporations are studied. The essence of the concept of «financial security of corporations» is clarified on the basis of previously undefined parts of the problem. Features of ensuring financial security in conditions of instability of the external environment and methods of its assessment are revealed.

Key words: financial security, instability of the external environment, financial security threats, assessment of financial security.

Постановка проблеми. Сучасні корпорації вимушені функціонувати в умовах постійного впливу загроз як внутрішнього, так і зовнішнього походження. Це пояснюється політичною, економічною, соціальною нестабільністю в країні і змушує підприємства вживати певних заходів з протидії, мінімізації або адаптації до таких загроз. Фінансова безпека характеризує стан суб'єкта господарювання, що характеризується стійкістю до зовнішніх та внутрішніх загроз, саме тому на-

сьогодні завдання її забезпечення постає особливо гостро.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню фінансової безпеки присвячено чимало наукових робіт українських та закордонних авторів, серед яких Ареф'єва О. В., Біляк Ю. В., Богатир Д. С., Винник Т. М., Горячева К. С., Єпіфанов А. О., Єрмошенко М. М., Козак Л. С., Константюк Н. І., Лиса О. В., Некрасенко Л. А., Плас-тун О. Л., Романенко В. Ю., Слободянюк Н. О.,

Тарасенко І. О., Тимошик Н. С., Химич І. Г., Шокер Р. І, Юрик Н. Є., та ін. Дослідники визначають фінансову безпеку як бажаний стан підприємства, що характеризується безумовною стійкістю та стабільністю. Проте такий підхід до розкриття поняття фінансової безпеки є дещо утопічним, адже він можливий лише у випадку відносної стабільності середовища, сприятливих умовах функціонування, за належної державної підтримки тощо.

Українські реалії на сьогодні не можуть гарантувати такої стабільності, тому при визначенні поняття «фінансова безпека корпорації» слід, поза іншим, робити наголос на гнучкості і можливості пристосування до кризових умов, які через обмеженість ресурсів, можливостей та засобів впливу на глобальні явища, є чи не найважливішими способами виживання корпорацій.

Метою статті є поглиблення теоретичних підходів щодо забезпечення фінансової безпеки корпорацій. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- уточнити визначення поняття «фінансова безпека корпорацій» та її ключові аспекти на основі невизначених раніше частин проблеми;
- розкрити особливості забезпечення фінансової безпеки в умовах нестабільності зовнішнього середовища;
- узагальнити підходи до оцінювання фінансової безпеки.

Об'єктом дослідження є фінансова безпека корпорацій.

Предметом дослідження є сукупність теоретичних рекомендацій щодо забезпечення фінансової безпеки корпорацій.

Методологія дослідження. Теоретичною базою дослідження аспектів фінансової безпеки корпорацій є наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених. У процесі дослідження використано такі загальнонаукові методи: метод критичного аналізу літературних джерел — для уточнення визначення поняття «фінансова безпека корпорацій» та її ключових аспектів; системно-структурний аналіз, метод аналізу, синтезу й формалізації, наукової абстракції та конкретизації — для розкриття особливостей забезпечення фінансової безпеки в умовах нестабільності зовнішнього середовища та узагальнення підходів до оцінювання фінансової безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Концепція фінансової безпеки не є новою у сучасній вітчизняній та зарубіжній науці та практиці, однак в умовах нестабільності, посилення політичного, економічного та соціального тиску, появи нових викликів з боку внутрішнього та зовнішнього оточення залишається вкрай актуальною. Фінансова безпека підприємства — це основа ефективної діяльності будь-якого підприємства в сучасних бізнес-умовах, з врахуванням впливу

як внутрішніх, так і зовнішніх факторів, що мають місце в світі бізнесу в цілому [12, с. 154]. Для поглиблення розуміння сутності досліджуваного поняття доцільним є розгляд декількох поглядів науковців на трактування його змісту.

Щодо місця фінансової безпеки у системі управління підприємством, можна відзначити, що багато авторів сходяться у думці, що фінансова безпека підприємства є складовою частиною його економічної безпеки [10; 6; 8; 4]. Романенко В. Ю., Богатир Д. С. і І. О. Тарасенко зазначають, що фінансова безпека підприємства є складовою його економічної безпеки, що обумовлює необхідність дослідження її сутності, місця у складі економічної безпеки та взаємозв'язків з іншими складовими системи управління підприємством [10, с. 199]. Проте такі видатний спеціаліст з фінансової безпеки, як Ареф'єва О. В., зазначає, що в окремих визначеннях поняття «фінансова безпека» надто наближається до трактування економічної безпеки підприємства, що є хибним кроком. На наш погляд, об'єктом управління фінансової безпеки підприємства мають бути насамперед фінансові ресурси, а ключовими завданнями — забезпечення їх захисту, через нейтралізацію та недопущення розвитку викликів, загроз та ризиків, для досягнення фінансових інтересів підприємства [1, с. 190]. Таким чином можна підсумувати, що фінансова безпека підприємства, хоча і є складовою його економічної безпеки, однак не може ототожнюватися з нею, і тому виступає самостійним поняттям, що має власний об'єкт (фінансові ресурси) та завдання (забезпечення захисту фінансових ресурсів).

До визначення сутності категорії «фінансова безпека» автори також мають різний підхід. Деякі з них визначають її як механізм, за допомогою якого досягається стабільний розвиток господарського суб'єкту та забезпечується ефективність його діяльності шляхом використання різних фінансових важелів, методів тощо [9]. Однак таке визначення фінансової безпеки майже збігається з визначенням фінансового механізму, який також є самостійним поняттям, тому є недостатньо коректним. Окремі дослідники роблять наголос на ідентифікації та запобіганню кризових явищ, загроз та ризиків, наприклад: фінансову безпеку підприємства може бути охарактеризовано як такий стан фінансів підприємства, який дозволяє протистояти ідентифікованим і потенційним загрозам шляхом ефективного управління формуванням і використанням капіталу, а також ризиками в процесі своєї діяльності [7, с. 60]. Проте такий підхід наближується до визначення терміну «антикризове управління», а виходячи з того, що антикризове управління, як і фінансовий механізм, фінансова стратегія, ризик-менеджмент, а також власне фінансова безпека є самостійними поняттями, їх

варто диференціювати більш чітко, враховуючи властиві кожному конкретному поняттю ознаки, завдання, функції, об'єкт, суб'єкт тощо.

Більшість авторів визначають фінансову безпеку підприємства як певний фінансовий стан захищеності його інтересів. Це найбільш влучний підхід, адже сам термін «безпека» є станом об'єкта, який в свою чергу можна досягти шляхом механізмів, управління, стратегії тощо. Прихильники такого підходу наводять різні за змістом на ємністю визначення. Слободянюк Н. О. та Шокер Р. І. зазначають, що фінансова безпека підприємства — це стан стабільності та захищеності фінансових ресурсів підприємства, його економічних інтересів, спроможність суб'єкта підприємницької діяльності до функціонування й реалізації соціально-економічних задач; здатність ідентифікувати, уникати та управляти ризиками підприємницької діяльності, формуючи ефективну фінансову стратегію підприємства; ефективне управління ресурсами підприємства задля забезпечення його стабільної діяльності та створення стійкого економічного підґрунтя на довгострокову перспективу відповідно до місії [11, с. 209]. Біляк Ю. В. доходить висновку, що фінансова безпека корпоративного підприємства — це такий стан господарюючого суб'єкта, при якому він при найбільш ефективному використанні корпоративних ресурсів домагається запобігання, ослаблення або захисту від існуючих небезпек і загроз або інших непередбачених обставин і забезпечує досягнення цілей бізнесу в умовах конкуренції і господарського ризику [2, с. 21].

Найбільш ємним підходом до визначення фінансової безпеки є підхід науковця Єрмошенка М. М., який наводить наступне трактування: фінансовою безпекою підприємства є такий його фінансовий стан, який характеризується, по-перше, збалансованістю і якістю сукупності фінансових інструментів, технологій і послуг, котрі використовуються підприємством, по-друге, стійкістю до внутрішніх і зовнішніх загроз, по-третє, здатністю фінансової системи підприємства забезпечувати реалізацію його фінансових інтересів, місії і завдань достатніми обсягами фінансових ресурсів, по-четверте, забезпечувати ефективний і сталий розвиток цієї фінансової системи [5, с. 147]. Дослідник пропонує комплексне визначення, яке містить чотири найважливіші у функціонуванні будь-якого суб'єкта аспекти: збалансованість і якість інструментів, товарів та послуг, стійкість до загроз, реалізацію фінансових інтересів та місії і розвиток, а отже це визначення доцільно використовувати як основне у подальшому дослідженні. Однак, як було зазначено вище, існуючим визначенням не достає прив'язки до сьогоденних реалій економіки, які характеризуються численними кризовими явищами різного походження.

Тому до визначення Єрмошенка М. М. доцільно додати п'ятий аспект: здатність суб'єкта господарювання до гнучкості та адаптації у кризових умовах функціонування, тобто, коли неможливо протистояти кризовій ситуації, необхідно шукати шляхи до пристосування до її впливу.

Наступним завданням дослідження є розкриття особливостей забезпечення фінансової безпеки в умовах нестабільності зовнішнього середовища. З цього приводу необхідно визначити, які саме загрози існують у забезпеченні фінансової безпеки в умовах нестабільності та запропонувати шляхи їх подолання.

Біляк Ю. В. пропонує поділяти загрози фінансовій безпеці корпоративного підприємства за джерелом походження на три групи:

1. Невиграшна економічна політика держави щодо підприємства: адміністративні гоніння на ринок, порушення законодавства з боку державних органів, втручання таких органів до різних сфер діяльності підприємства і т.п.

2. Дії інших суб'єктів господарювання: порушення прав конкурентів (систематичне приховане використання найменувань конкурента, несанкціоноване відтворення продукції конкурента, розкриття секретів торгівлі і виробництва конкурента, промислове шпигунство); підлив репутації конкурента (поширення неправдивих відомостей, що дискредитують підприємство, продукцію, торгову діяльність конкурента; шахрайська і облудна реклама); дезорганізація виробництва конкурентів шляхом зманювання і підкупу їхніх робочих і службовців для заволодіння секретами торгівлі і виробництва; інші недобросовісні дії (дискримінація конкурентів, бойкот, демпінг).

3. Кризові явища в світовій економіці: у разі виходу підприємств на міжнародний ринок вони підпадають під вплив зовнішніх факторів. Таким чином, для забезпечення безпеки підприємству необхідно розглядати загрозу як з боку держави та організацій конкурентів на вітчизняному ринку, так і з боку інших держав при виході на міжнародний ринок. Також необхідно оцінювати рівень фінансової безпеки країни та міжнародної фінансової безпеки, тому що вони безпосередньо можуть вплинути на рівень фінансової безпеки підприємства [2, с. 26].

Лиса О. В. поділяє загрози фінансовій безпеці на дві групи — зовнішні та внутрішні.

Цей підхід є більш ємним та точним, адже містить конкретні загрози, що є основними в діяльності підприємства. Стосовно зовнішніх загроз, які не можливо подолати на рівні окремого підприємства (наприклад, подолати політичну нестабільність, вплинути на прийняття законів, зупинити війну тощо), доцільно порекомендувати підвищувати адаптивність та гнучкість підприємства у кризових умовах. Для цього необхідним є:

Таблиця 1

Загрози фінансовій безпеці підприємства

Зовнішні	Внутрішні
– несприятлива політична ситуація в країні (нестабільність влади, урядові кризи, акти громадської непокори, військові дії на сході, складна криміногенна ситуація, високий рівень корупції та бюрократизму тощо); – несприятлива макроекономічна ситуація в країні (кризові явища в економіці, високий рівень інфляції, нестабільність валютного курсу, поганий прогноз економічної та фінансової ситуації в країні на майбутнє тощо); – несприятливі природні умови, природні катаклізми; – недобросовісна конкуренція на ринку через високий рівень монополізації окремих сфер або наявність ознак олігархічної змови; – нестабільність законодавчої та нормативно-правової бази; – нестабільність податкової, валютної, кредитної та страхової політики; – ускладнений доступ до кредитних ресурсів через їх високу вартість; – брак інвестиційних ресурсів у регіоні, незадовільний рівень інвестиційної активності; – непрогнозована політика НБУ у сфері регулювання кредитного та валютного ринків; – інші зовнішні загрози	– неефективна організація процесу діяльності; – неефективне управління капіталом підприємства; – не виправдано високий рівень кредиторської заборгованості підприємства; – використання морально й фізично застарілого обладнання, в результаті чого підвищується ризик аварійних ситуацій, знижується якість продукції та продуктивність праці; – перебої в роботі підприємства та його окремих підрозділів; – некваліфіковане управління, помилки менеджерів; – відсутність стратегічного планування; – слабка організація маркетингового дослідження ринку; – недосконала цінова політика, що призводить до фінансових втрат; – недосконала логістика поставок; – проблеми зі збутом продукції підприємства внаслідок недиверсифікованості ринків збуту; – низький рівень фінансової дисципліни та, відповідно, рівень ділової репутації підприємства; – несанкціонований доступ конкурентів до інформації, що становить комерційну таємницю підприємства; — інші внутрішні загрози

Джерело: складено за даними [7, с. 63]

- щодо макроекономічної ситуації: всеохоплюючий аналіз інформації з різних джерел, об'єктивні прогнози політичної, економічної, соціальної ситуації в країні та розробка програми фінансових заходів з запобігання негативних наслідків чинних та потенційних криз;
- щодо ситуації на конкретному суб'єкті підприємства: аналіз адаптаційного фінансового потенціалу та подальша розробка адаптаційних фінансових заходів.

Відповідно до визначених внутрішніх загроз можна запропонувати наступні рекомендації з підвищення фінансової безпеки підприємства:

- підвищення кваліфікації працівників, зокрема управлінського персоналу, залучення висококваліфікованих співробітників;
- регулярне проведення всеохоплюючого фінансового аналізу діяльності, оцінка фінансової стійкості, платоспроможності, ділової активності, прибутковості тощо;
- оцінка загроз і фінансових ризиків у діяльності;
- підвищення ефективності стратегічного управління фінансовою діяльністю;
- використання новітніх методик та практик управління фінансами;
- мотивація та підвищення соціальної свідомості працівників, підвищення якості умов праці;
- модернізація обладнання, цифровізація підприємства, впровадження інноваційних технологій у виробництво;
- удосконалення маркетингової політики тощо.

Останнім завданням дослідження є узагальнення підходів до оцінювання фінансової безпеки. Горячева К.С. зазначає наступні підходи до оцінки рівня фінансової безпеки підприємства:

- 1) індикаторний (порівняння фактичних значень показників фінансової безпеки з пороговими значеннями індикаторів її рівня);
- 2) ресурсно-функціональний:
 - а) оцінка стану фінансової безпеки на основі оцінки рівня використання фінансових ресурсів за спеціальними критеріями — власні фінансові ресурси і позикові фінансові ресурси;
 - б) оцінка рівня виконання функцій — забезпечення високої фінансової ефективності діяльності підприємства, його фінансової стабільності і незалежності;
- 3) на основі використання критерію «мінімум сукупного збитку, який завдається безпеці» Цей критерій дуже важко розрахувати через відсутність необхідних для цього бухгалтерських і статистичних даних;
- 4) виходячи з достатності оборотних коштів (власних і позикових) для здійснення виробничо-збутової діяльності [3].

Максимальної ефективності проведеної оцінки фінансової безпеки суб'єкта господарювання можливо досягти шляхом використання декількох методів. Однак враховуючи, що така оцінка може тривати значний період часу та потребувати значних витрат ресурсів, доцільно обирати найбільш показові методи оцінки, результативність яких підтверджена

практикою конкретного підприємства. Під час оцінки слід використовувати лише вагомі фінансові показники, визначені шляхом обчислення їх значимості для суб'єкта, а також враховувати середні показники конкурентів галузі для визначення своєї позиції в конкурентному середовищі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У статті було проведено дослідження теоретичних аспектів фінансової безпеки корпорацій. Уточнено визначення поняття «фінансова безпека корпорацій» та її ключові аспекти на основі невизначених раніше частин проблеми, а саме — застосування адаптації до кризових умов функціонування та підвищення гнучкості суб'єктів підприємництва. Розкрито особливості забезпечення фінансової безпеки в умовах нестабільності зовнішнього середовища шляхом визначення

переліку основних загроз фінансовій безпеці, що поділяються на внутрішні та зовнішні.

Запропоновано шляхи протидії таким загрозам. Узагальнено підходи до оцінювання фінансової безпеки, в результаті чого з'ясовано, що використання численної кількості методів на одному підприємстві не завжди є результативним, адже потребує багато часу та ресурсів, а отже необхідно застосовувати найбільш адекватні та показові для конкретного підприємства методи.

Напрямами подальших досліджень мають бути аналіз зарубіжного досвіду з забезпечення фінансової безпеки корпорацій та розкриття конкретних методів оцінки рівня фінансової безпеки, що може містити методичні рекомендації з обчислення інтегральних показників та окремих фінансових коефіцієнтів.

Література

1. Ареф'єва О.В. Фінансова безпека підприємства: методичні особливості забезпечення. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.3. С. 187–192.
2. Біляк Ю.В. Основні загрози фінансовій безпеці корпоративних підприємств. Агросвіт. 2017. № 12. С. 20–30.
3. Горячева К.С. Оцінка рівня фінансової безпеки підприємства. Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України. Суми: УАБС НБУ. 2004. Т. 10. С. 288–295.
4. Єпіфанов А.О. Фінансова безпека підприємств і банківських установ [Текст]: монографія. Суми: ДВНЗ «УАБС НБУ», 2009. 295 с.
5. Єрмошенко М.М., Горячева К.С. Фінансова складова економічної безпеки: держава і підприємство: монографія. Київ: Національна академія управління, 2010. 232 с.
6. Козак Л.С., Багровецька І.В. Концептуальні та методичні засади формування механізму забезпечення фінансової безпеки підприємства. Економіка і управління. 2008. № 13. С. 97–101.
7. Лиса О.В. Фінансова безпека суб'єктів господарювання в сучасних умовах. Економічний аналіз. 2016. Том 26. № 1. С. 58–64.
8. Некрасенко Л.А., Рибалка Ю.М. Складові управління фінансовою безпекою підприємств С. 162–167. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/3.2/162.pdf> (дата звернення 03.06.2022).
9. Пластун О.Л. Фінансова безпека господарських суб'єктів як ефективний засіб попередження банкрутства. Вісник Української академії банківської справи. 2006. № 2 (21). С. 57–60.
10. Романенко В.Ю., Богатир Д.С., Тарасенко І.О. Фінансова безпека підприємства як складова економічної безпеки: аспекти управління Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості: зб. тез доп. II Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18 листоп. 2021 р. Т. 2. Київ: КНУТД, 2021. С. 198–202.
11. Слободянюк Н.О., Шоко Р.І. Моделювання механізму фінансової безпеки підприємства. БІЗНЕСІН-ФОРМ. 2019. № 10. С. 206–212.
12. Химич І.Г., Винник Т.М., Константюк Н.І., Тимошик Н.С., Юрик Н.Є. Фінансова безпека підприємства як антикризовий метод управління. Modern Economics. 2021. № 25. С. 153–159.

References

1. Arefieva O. V. Financial security of the enterprise: methodological features of support. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine. 2015. Vyp. 25.3. P. 187–192.
2. Bilyak Y. V. The main threats to the financial security of corporate enterprises. Agrosvit. 2017. № 12. P. 20–30.
3. Goryacheva K. S. Assessment of the level of financial security of the enterprise. Problems and prospects of development of the banking system of Ukraine. Sumy: UABS NBU. 2004. T. 10. S. 288–295.
4. Epifanov A. A. Financial security of enterprises and banking institutions [Text]: monograph. Sumy: UABS NBU, 2009. 295 p.
5. Yermoshenko M. M., Goryacheva K. S. Financial component of economic security: state and enterprise: monograph. Kyiv: National Academy of Management, 2010. 232 p.

6. Kozak L. S., Bagrovetskaya I. V. Conceptual and methodological principles of forming a mechanism for ensuring the financial security of the enterprise. *Economics and management*. 2008. № 13. P. 97–101.
7. Lysa O. V. Financial security of business entities in modern conditions. *Economic analysis*. 2016. Volume 26. № 1. P. 58–64.
8. Nekrasenko L. A., Rybalka Y. M. Components of financial security management of enterprises P. 162–167. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/3.2/162.pdf> (accessed 03.06.2022).
9. Plastun O. L. Financial security of economic entities as an effective means of preventing bankruptcy. *Bulletin of the Ukrainian Academy of Banking*. 2006. № 2 (21). P. 57–60.
10. Romanenko V. Y., Bogatyr D. S., Tarasenko I. O. Financial security of the enterprise as a component of economic security: aspects of management Innovation in education, science and business: challenges and opportunities: Coll. thesis add. II All-Ukrainian Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists, November 18. 2021. Vol. 2. Kyiv: KNUTD, 2021. S. 198–202.
11. Slobodyanyuk N. O., Shoker R. I. Modeling of the mechanism of financial security of the enterprise. *BUSINESSINFORM*. 2019. № 10. P. 206–212.
12. Khimich I. G., Vynnyk T. M., Konstantyuk N. I., Timoshik N. S., Yuryk N. E. Financial security of the enterprise as an anti-crisis management method. 2021. № 25. P. 153–159.

Gnateiko Nonna

*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Department of the Dynamics and
Strength of Machines and the Resistance of Materials
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*

Гнатейко Нонна Валентинівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри динаміки, міцності машин та опору матеріалів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8046

INFLUENCE OF ACOUSTIC PRESSURE WAVE ON FLAT GYRO SUSPENSION ELEMENTS

ВПЛИВ АКУСТИЧНОЇ ХВИЛІ ТИСКУ НА ПЛОСКІ ЕЛЕМЕНТИ ПІДВІСУ ГІРОСКОПУ

Summary. The nature of the interaction of sound with an obstacle is revealed. The dynamic characteristics of the plate under an acoustic pressure wave are investigated. A thin isotropic plate was chosen as a mechanical model for the interaction of sound with a flat barrier. The questions of the influence of mechanical impedance for the symmetric and antisymmetric components of sound pressure are considered. Numerical analysis of bending vibrations of the shadow side of the plate is carried out. The value of the lengths of the modulating waves of the main bending vibrations is established.

Key words: acoustic pressure wave, flat elements of the gyroscope suspension, a thin isotropic plate.

Анотація. Розкривається природа взаємодії звуку із перешкодою. Досліджуються динамічні характеристики пластини за акустичної хвилі тиску. Як механічна модель взаємодії звуку з плоскою перешкодою обрана тонка ізотропна пластина. Розглянуто питання впливу механічного імпедансу для симетричної та антисиметричної складових звукового тиску. Проведено чисельний аналіз згинальних коливань тіньової сторони пластини. Встановлено значення довжин модулюючих хвиль основних згинальних коливань.

Ключові слова: акустична хвиля тиску, плоскі елементи підвісу гіроскопа, тонка ізотропна пластина.

Introduction. Starting to study the nature of the elastic interaction of penetrating acoustic radiation with a flat barrier, first of all, attention should be focused on the choice of a mechanical model of the phenomenon. Studies by a number of authors prove that, in many cases important for practice, in the frequency range below the boundary, the conditions for fixing the plate do not have a decisive effect on its dynamics, and, without distorting the objectivity of the sound transmission pattern, it is permissible to neglect the boundary conditions along the attachment contour, and the computational model can be represented as a plate unlimited in length [1; 2; 3]. It is preferable to consider the distribution of parameters on the boundary surface and at infinity (for an unbounded region) as well as at the origin

of coordinates (for a region of limited parameters) as the main boundary conditions.

Such a simplification is permissible, for example, when the plate is hinged with other structural elements, that is, for the case when the bending energy from the oscillating plate is practically not transferred to the contacting elements. These considerations can also be extended to the case when the cylindrical rigidities of the connecting elements are much higher than the bending rigidity of the plate, and it can be stated with full confidence that the radiation energy is almost completely absorbed by the oscillating plate due to internal friction in the material. In other words, it is assumed that along the contour the plate is hinged to ribs that are absolutely rigid in bending in the direction normal

to the plate and, at the same time, have low bending rigidity in planes tangential to the middle surface. Thus, in what follows, we will deal with thin plates of infinite length with large internal absorption.

As for the boundary conditions on the surface of the plates, they consist in the equality of the normal to the plane velocities of the plate and the medium, as well as the pressure. It is obvious that these conditions follow from the requirement of continuous change in pressure and particle velocities at the boundary of two media and are based on the physical impossibility of a pressure jump in infinitely close layers, on the one hand, and a velocity jump, on the other. The latter implies the exclusion of the possibility of the appearance of a displacement jump and, consequently, a discontinuity at the boundary of two media [4].

Based on the foregoing, we take as initial the low rigidity of the plate in the direction of its normal, the hinged fastening along its contour, as well as the absolute rigidity of the plate in bending in the direction of the normal to the surface. If, in addition, we assume that the thickness is 4–6 times greater than the wavelength, then for the analytical description it is legitimate to use the equations of a thin plate.

When compiling a mathematical model of sound transmission, we proceed from the following assumptions — the linear elements of the plate, perpendicular to its middle surface, remain straight during deformation and are set normally to the curved middle surface; no elongation or shear deformation occurs in the median surface; plate bending deformations remain small, elastic and subject to Hooke's law.

Let us focus on a plane monochromatic pressure wave, i.e. a wave with a flat front, the pressure and velocity of particles of the medium in which do not have a gradient along the front line. In addition, the speed of the particles of the medium in a plane wave will be considered proportional to the pressure at the same time. In practice, a plane wave is considered as an idealization of a wave emitted by a body of finite size, but located at a sufficiently large distance.

The issues of sound transmission through two plates that are not interconnected were considered by A. London [5], and a more general theory of the effect of sound on composite structures is described, for example, in monographs [6, 7].

If the noted works studied the issue of the interaction of sound with an obstacle in terms of determining its soundproofing properties, then the main aspect of the research is the dynamic characteristics of the plate under acoustic exposure.

Thin isotropic plate. Let us illustrate the solution of the formulated problem using the mechanical model of the interaction of sound with a flat

barrier widely used in acoustics (Fig. 1) [8]. Let us assume that an isotropic elastic plate of constant stiffness and unlimited length separates two acoustic half-spaces with the same characteristics, for example, air.

Let, at some point in time, a plane monochromatic sound pressure wave be incident θ on the front surface of the plate at an angle

$$P_1 = P_{10} \exp i \{ \omega t - k_0 [(z + \delta) \cos \theta + y \sin \theta] \}, \quad (1)$$

where $k_0 = \frac{\omega}{c}$ is the wave number; ω — circular frequency of oscillations; c — is the speed of sound in air; P_{10} — is the pressure amplitude in the sound wave.

The term δ at the coordinate z is introduced for the convenience of further calculations. It does not affect the desired amplitude values of pressure.

For the reflected and transmitted waves we have similarly:

$$\begin{aligned} P_2 &= P_{20} \exp i \{ \omega t - k_0 [-(z + \delta) \cos \theta + y \sin \theta] \}; \\ P_3 &= P_{30} \exp i \{ \omega t - k_0 [(z - \delta) \cos \theta + y \sin \theta] \}. \end{aligned} \quad (2)$$

The movement of the plate occurs only in the plane y, z and does not depend on the coordinate, because along it the pressure on the surface is constant. Thus, there is a flat deformation of the plate.

For this case, the mathematical model of the bending motion in the *Lame* form can be represented by the equations [4] —

$$\begin{aligned} (\lambda + \mu) \frac{\partial \xi}{\partial y} + \mu \nabla^2 V &= \rho_c \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}; \\ (\lambda + \mu) \frac{\partial \xi}{\partial z} + \mu \nabla^2 W &= \rho_c \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}, \end{aligned} \quad (3)$$

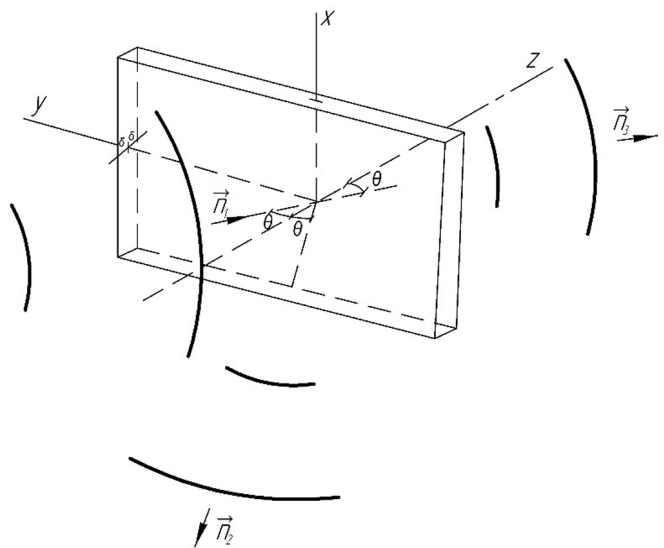


Fig. 1. Scheme of the passage of a sound wave through a plane isotropic plate of infinite length

where

$$\xi = \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}; \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; V \text{ и } W — \text{offsets}$$

in the direction of the axes y and z ; ρ_2 — plate material density (mass per unit volume); λ and μ — elastic constants Lamé, which are expressed in terms of Young's modulus E and Poisson's ratio σ in the following way

$$\lambda = \frac{E\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}; \mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}. \quad (4)$$

To solve the system of equations (3), we accept that

$$V = \frac{\partial \varphi}{\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial z}; \quad W = \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \psi}{\partial z}. \quad (5)$$

After substituting relations (5) into equations (3), the latter decompose into two independent equations for the functions φ and ψ :

$$\nabla^2 \varphi = C_1^{-2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}; \quad \nabla^2 \psi = C_2^{-2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \quad (6)$$

where $C_1 = [\rho_c^{-1}(\lambda + 2\mu)]^{\frac{1}{2}}$ — P-wave speed;

$C_2 = [\mu\rho_c^{-1}]^{\frac{1}{2}}$ — shear wave speed.

The solution of equations (6) is sought in the form:

$$\varphi(y, z, t) = f_1(z) \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta);$$

$$\psi(y, z, t) = f_2(z) \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta).$$

Substituting the values φ and ψ into equations (3), after integration, we find their values, then using expressions (5) we determine the functions V and W :

$$V = -\left[(C_1 \exp \alpha_1 z + C_2 \exp(-\alpha_1 z)) i k_0 \sin \theta + \right. \\ \left. + \alpha_2 (C_3 \exp \alpha_2 z - C_4 \exp(-\alpha_2 z)) \right] \times \\ \times \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta);$$

$$W = \left[\alpha_1 (C_1 \exp \alpha_1 z - C_2 \exp(-\alpha_1 z)) - \right. \\ \left. - (C_3 \exp \alpha_2 z - C_4 \exp(-\alpha_2 z)) i k_0 \sin \theta \right] \times \\ \times \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta).$$

To establish the values of normal and shear stresses, we use the relations [9]:

$$Z_z = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial W}{\partial z} + \lambda \frac{\partial V}{\partial y} =$$

$$= \left[a_1 (C_1 \exp \alpha_1 z + C_2 \exp(-\alpha_1 z)) - \right. \\ \left. - a_2 (C_3 \exp \alpha_2 z - C_4 \exp(-\alpha_2 z)) \right] \times \\ \times \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta); \quad (7)$$

$$Z_y = \mu \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right) =$$

$$= -\left[a_3 (C_1 \exp \alpha_1 z - C_2 \exp(-\alpha_1 z)) + \right. \\ \left. + a_4 (C_3 \exp \alpha_2 z + C_4 \exp(-\alpha_2 z)) \right] \times \\ \times \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta),$$

where:

$$a_1 = \alpha_1^2 (\lambda + 2\mu) - \lambda k_0^2 \sin^2 \theta, \quad a_2 = 2i\mu\alpha_2 k_0 \sin \theta,$$

$$a_3 = 2i\mu\alpha_1 k_0 \sin \theta, \quad a_4 = \mu (\alpha_2^2 + k_0^2 \sin^2 \theta).$$

From expressions (1), (2), we determine the sound pressure on the front and shadow sides of the plate:

$$(P_1 + P_2)|_{z=-\delta} = (P_{10} + P_{20}) \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta);$$

$$P_3|_{z=\delta} = P_{30} \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta).$$

Let us represent the values of these pressures as the sum of the symmetric and antisymmetric components (Picture 2, Picture 3) —

$$P_c = \frac{1}{2} (P_{10} + P_{20} + P_{30}) \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta);$$

$$P_a = \frac{1}{2} (P_{10} + P_{20} - P_{30}) \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta)$$

and establish the degree of influence of each of them on the nature of the bending vibrations of the plate.

Under the action of the symmetrical component of the sound pressure, the boundary conditions have the form (Picture 4):

$$Z_z|_{z=\pm\delta} = -P_c; \quad Z_y|_{z=\pm\delta} = 0. \quad (8)$$

Using relations (8), we find arbitrary constants of integration C_i expressions (7). Substituting their values into the formula for lateral displacement W , we obtain the law of bending vibrations of the plate under the action of the symmetrical component of sound pressure

$$W_c|_{z=\pm\delta} = \mp P_c k_2 \left\{ \omega^{-2} \delta^{-1} \rho_c^{-1} \left[4\gamma(\gamma-1)^{\frac{1}{2}} \operatorname{cth} k_2(\gamma-1)^{\frac{1}{2}} - \right. \right. \\ \left. \left. - (2\gamma-1)^2 (\gamma-d^2)^{-\frac{1}{2}} \operatorname{cth} k_2(\gamma-d^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{-1} \right\}, \quad (9)$$

where

$$\gamma = (C_2 c^{-1} \sin \theta)^2; \quad k_2 = C_2^{-1} \omega \delta;$$

$$d^2 = (C_2 C_1^{-1})^2 = (1-2\sigma)[2(1-\sigma)]^{-1}.$$

If the antisymmetric component of the excess pressure of the sound frequency acts on the plate, then the boundary conditions take the form:

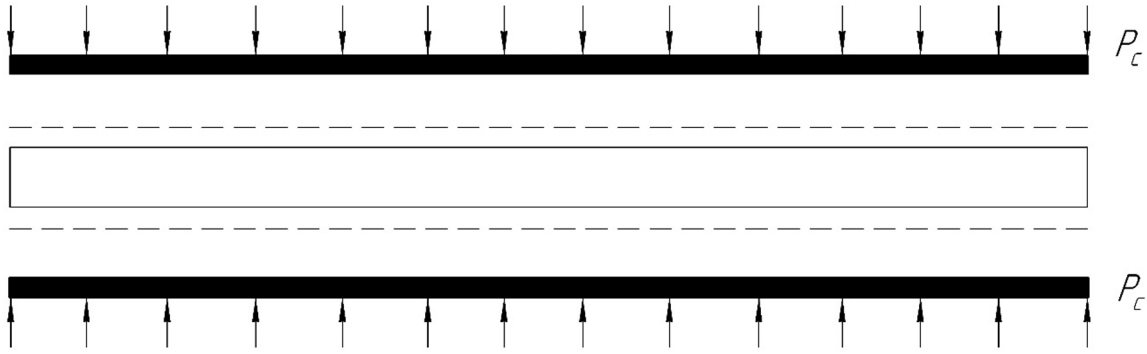


Fig. 2. The action of the symmetrical component of sound pressure

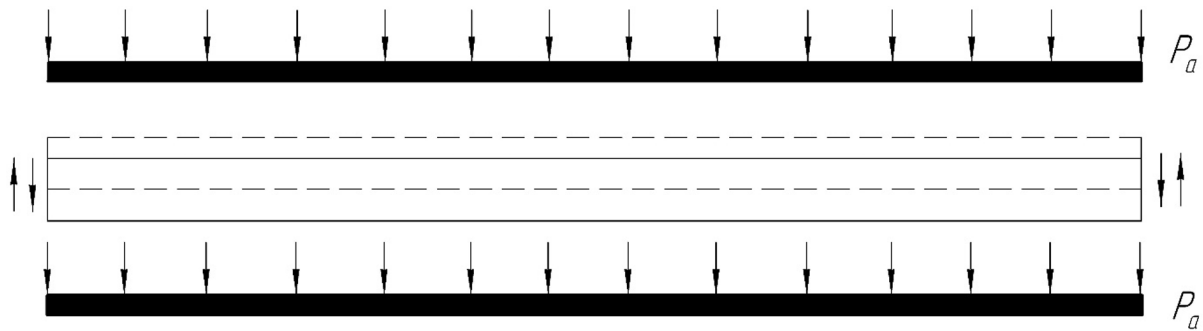


Fig. 3. The buildup of the plate of the antisymmetric component of the sound pressure

$$Z_z|_{z=\pm\delta} = -P_a; \quad Z_z|_{z=\delta} = P_a; \quad Z_y|_{z=-\delta} = 0; \quad Z_y|_{z=\delta} = 0,$$

and the displacement value is described by the relation —

$$W_a|_{z=\pm\delta} = k_2 P_a \left\{ \omega^2 \delta \rho_c \left[4\gamma(\gamma-1)^{\frac{1}{2}} \operatorname{th} k_2(\gamma-1)^{\frac{1}{2}} - \right. \right. \\ \left. \left. - (2\gamma-1)^2 (\gamma-d^2)^{-\frac{1}{2}} \operatorname{th}(\gamma-d^2) \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{-1} \quad (10)$$

When restrictions are met

$$\left| k_2(\gamma-1)^{\frac{1}{2}} \right| \leq 0,9 \quad \text{и} \quad \left| k_2(\gamma-d^2)^{\frac{1}{2}} \right| \leq 0,9,$$

implying the preservation of only the first two terms of the expansion into a series of tangents, expressions (9), (10) take the form:

$$W_c|_{z=\pm\delta} = \mp \frac{P_c}{\omega^2 \delta \rho_c} \frac{k_2^2 (\gamma-d^2)}{4\gamma(1-d^2)-1} = \\ = \mp P_c \delta \frac{1-\sigma^2}{E} \cdot \frac{(C_n c^{-1} \sin \theta)^2 - (1-2\sigma)(1-\sigma)^{-2}}{(C_n c^{-1} \sin \theta)^2 - 1}; \quad (11)$$

$$W_a|_{z=\pm\delta} = \frac{P_a}{\omega^2 \delta \rho_c} \frac{1}{\frac{4}{3} \gamma(\gamma-1) k_2^2 \delta^2 (1-d^2) - 1}. \quad (12)$$

where $C_n = \left[E \rho_c^{-1} (1-\sigma^2)^{-1} \right]^{\frac{1}{2}}$ — velocity of longitudinal waves in the plate. Formula (11) coincides with the law of bending vibrations of a plate at symmetrical pressure, established by Л. И. Лямбевым [10].

If $\gamma \gg 1$, then the entire first term in the denominator becomes small compared to unity, and formula (12) takes the form:

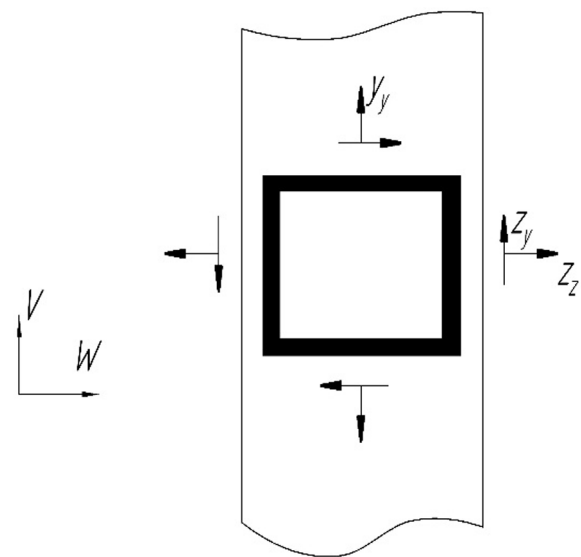


Fig. 4. Passage of a sound wave through an elastic isotropic layer

$$W_a = \frac{P_a}{\omega^2 \delta \rho_c} \frac{1}{\frac{4}{3} (k_2 \delta \gamma)^2 (1 - d^2) - 1} = \frac{2P_a}{\omega^2 m_n} \frac{1}{\frac{D\omega^2}{m_n C^4} \sin^4 \theta - 1} \quad (13)$$

which is the well-known law of bending vibrations

of a thin plate. Here $D = \frac{2}{3} \frac{E\delta^3}{1 - \sigma^2}$ — cylindrical

bending stiffness of the plate; $m_n = 2\delta\rho_c$ — mass per unit area of the plate. Consequently, the oscillations of the plate on which it falls at an angle θ plane sound wave, can be described by the equations of motion of thin plates, if the length of the incident wave trace at $\gamma \gg 1$ or the length of the transverse wave at $\gamma \ll 1$ and is less than 3.5...6 layer thicknesses.

Let us further take into account the effect of internal friction in the plate material. In the simplest case, this is achieved by introducing the complex Young's modulus [1; 6; 7; 8], i.e. the hysteresis loop is represented by an ellipse $E^0 = E(1 + i\eta)$ (here E — real part of the modulus of elasticity; η — loss factor). By internal friction, we mean the totality of various physical processes in the material that, during deformation, lead to irreversible dissipation of mechanical energy.

In view of the above, the value of the mechanical impedance (the ratio of pressure to the displacement velocity of the plate surface) for the symmetric and antisymmetric components of the sound pressure will be determined by the relations:

$$z_c = \frac{P_c}{\frac{\partial W_c}{\partial t}} = -i\rho_c \omega \delta (z_c^{(1)} + iz_c^{(2)});$$

$$z_a = \frac{P_a}{\frac{\partial W_a}{\partial t}} = i\rho_c \omega \delta (z_a^{(1)} + iz_a^{(2)}), \quad (14)$$

where

$$z_c^{(1)} = [4\gamma(1 - d^2) - 1] k_2^{-2} (\gamma - d^2)^{-1};$$

$$z_c^{(2)} = \eta_c [4\gamma(1 - d^2)(\gamma - 2d^2) + d^2] k_2^{-2} (\gamma - d^2)^{-2}; \quad (15)$$

$$z_a^{(1)} = \frac{4}{3} (1 - d^2) k_2^2 \gamma^2 - 1; \quad z_a^{(2)} = \frac{4}{3} \eta (1 - d^2) k_2^2 \gamma^2.$$

Comparison of the dynamic and static moduli of elasticity, for example, steel [11], showed that its dynamic rigidity does not differ from the static one. This does not apply to soft materials, where the change in dynamic parameters should be taken into account [2].

Thus, using expressions (11), (12), it is possible to establish the law of motion of any layer of the plate. The inconvenience of the obtained formulas is that the plate displacement is a function of the symmetric and antisymmetric pressure components, and not the pressure amplitude of the incident wave P_{10} . It is easy to get rid of this shortcoming using the concept of the sound transmission coefficient A (ratio of pressure amplitudes in the past P_{30} and falling P_{10} waves) and sound reflection coefficient

$$B = \frac{P_{20}}{P_{20}}. \text{ According to the calculation model of}$$

sound transmission, the total displacement velocity of the plate surfaces under the action of both symmetric and antisymmetric pressure components will be equal to their sum on the front and their difference on the shadow side of the plates, i.e.

$$\left. \frac{\partial W}{\partial t} \right|_{z=-\delta} = \frac{iP_c}{\omega \delta \rho_c} \frac{1}{z_c^{(1)} + iz_c^{(2)}} + \frac{iP_a}{\omega \delta \rho_c} \frac{1}{z_a^{(1)} + iz_a^{(2)}}; \quad (16)$$

$$\left. \frac{\partial W}{\partial t} \right|_{z=\delta} = \frac{iP_a}{\omega \delta \rho_c} \frac{1}{z_a^{(1)} + iz_a^{(2)}} - \frac{iP_c}{\omega \delta \rho_c} \frac{1}{z_c^{(1)} + iz_c^{(2)}}. \quad (17)$$

From the condition of continuity at the boundary of two media follows the conclusion about the equality of the oscillatory velocity of the plate and the normal component of the velocity of the sound wave. Then the boundary conditions on the surface of the plate can be written as —

$$\left. \frac{\partial W}{\partial t} \right|_{z=-\delta} = \frac{P_1 - P_2}{z_0} \cos \theta; \quad \left. \frac{\partial W}{\partial t} \right|_{z=\delta} = \frac{P_3}{z_0} \cos \theta, \quad (18)$$

where $z_0 = \rho_0 c$ — specific acoustic resistance of air;

ρ_0 — air density; $V = \frac{P}{z_0}$ — the known relationship

between vibrational speed V and pressure P for a plane wave in air [3].

Eliminating from equations (16) ... (18) pressure

P and speed $\frac{\partial W}{\partial t}$, find the transmission coefficients A and reflections B sound —

$$A = \frac{\frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} - \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} - i \left(\frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} - \frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \right)}{\left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) - \frac{z_c^{(1)} z_a^{(1)}}{\Delta_c^2} - i \left[\left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) \frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} + \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) \frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \right]}; \quad (19)$$

$$B = \frac{1 + \frac{z_a^{(1)} z_c^{(1)}}{\Delta_c^2} - \frac{z_a^{(2)} z_c^{(2)}}{\Delta_c^2} + i \left(\frac{z_a^{(1)} z_c^{(2)}}{\Delta_c^2} + \frac{z_a^{(2)} z_c^{(1)}}{\Delta_c^2} \right)}{\left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) - \frac{z_c^{(1)} z_a^{(1)}}{\Delta_c^2} - i \left[\left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) \frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} + \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) \frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \right]}, \quad (20)$$

where $\Delta_c = z_0 (\omega \delta \rho_c \cos \theta)^{-1}$.

Taking into account the found values of the coefficients A and B , the law of bending vibrations of the plate can be finally written in the form —

$$W = \frac{1}{2} \frac{(P_{10} + P_{20} - P_{30})}{\omega^2 m_n} \frac{1}{\frac{D\omega^2}{m_n c^4} \sin^4 \theta - 1} \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta) +$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{(P_{10} + P_{20} + P_{30})}{E} \delta(1 - \sigma^2) \times$$

$$\times \frac{\left(\frac{C_n}{c} \sin \theta \right)^2 - \frac{1 - 2\sigma}{(1 - \sigma^2)^2}}{\left(\frac{C_n}{c} \sin \theta \right)^2 - 1} \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta) = \quad (21)$$

$$= P_{10} \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta) [(1 + B - A)\mu_1 + (1 + B + A)\mu_2] =$$

$$= \frac{P_{10}}{\rho} \exp i(\omega t - k_0 y \sin \theta - \varphi) [\rho_1 \mu_1 \exp i\varphi_1 + \rho_2 \mu_2 \exp i\varphi_2],$$

where

$$\rho = \left\{ \left[\left(\frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} \right)^2 + \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right)^2 \right] \left[\left(\frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \right)^2 + \left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}};$$

$$\rho_1 = \left[\left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{2\Delta_c} \right)^2 + \left(\frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

$$\rho_2 = \left[\left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{2\Delta_c} \right)^2 + \left(\frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}};$$

$$\varphi_1 = \arctg \left[-\frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{2\Delta_c} \right)^{-1} \right];$$

$$\varphi_2 = \arctg \left[-\frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{2\Delta_c} \right)^{-1} \right];$$

$$\varphi = \arctg \left[\frac{z_a^{(1)}}{\Delta_c} \left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) + \frac{z_c^{(1)}}{\Delta_c} \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) \right] \times$$

$$\times \left[\frac{z_a^{(1)} z_c^{(1)}}{\Delta_c^2} - \left(1 + \frac{z_c^{(2)}}{\Delta_c} \right) \left(1 + \frac{z_a^{(2)}}{\Delta_c} \right) \right]^{-1};$$

$$\mu_1 = \left[\omega^2 m_n \left(\frac{D\omega^2}{m_n c^4} \sin^4 \theta - 1 \right) \right]^{-1};$$

$$\mu_2 = E^{-1} \delta(1 - \sigma^2) \left[\left(\frac{C_n}{c} \sin \theta \right)^2 - \frac{1 - 2\sigma}{(1 - \sigma^2)} \right] \left[\left(\frac{C_n}{c} \sin \theta \right)^2 - 1 \right]^{-1}.$$

Having carried out a numerical analysis of the bending vibrations of the shadow side of the plate, setting for concreteness — $\delta = 1 \cdot 10^{-3}$; $\eta = 0,1$; $E = 71 \text{ Hm}^2$ (Aluminium alloy D1 (0)); $\sigma = 0,31$, then, the oscillations generated in the plate can be considered in terms of the amplitude and length of the bending wave [12] (Picture 5).

If on the y-axis we plot the value of the wavelength λ bending vibrations generated on the shadow side of the plate, and along the abscissa axis — the value ω circular frequency, then the graph, for example, at an angle $\theta = 0,985 \text{ рад}$ ($56,25$ degree) will take the form of a continuous curve of complex configuration, but symmetrical about the y-axis (Picture 5, curve 1) and having characteristic “bursts”. In between, at frequencies $\omega = 200 \text{ c}^{-1}$ and $\omega = 25 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$, the wavelength will decrease monotonically. It is obvious that the average power of the process is distributed unevenly over the frequencies ω incident sound wave ranging from zero to $40 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$. So, at frequencies ω_c equal $8,4 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$, $16,6 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$, $33,4 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ the spectrum shows a superposition of two modes of vibrations of different amplitudes and lengths (curves 2). The dotted line in fig. 5 shows the modulating wave lengths of the main bending vibrations. This phenomenon is observed at frequencies ω_δ , equal $12,6 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$, $37,6 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ and corresponds to the passage of resonant regions [13; 14].

With increasing angle θ As the sound wave falls, the spectrum of flexural vibrations becomes more saturated, and their shape becomes more complex. The diagram, as it were, “shrinks” along the frequency axis. At frequency $\omega = 0,4 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ the oscillation phase changes to $\pi \text{ рад}$ [15; 16].

Conclusions. Thus, numerical analysis suggests that, other things being equal, in a diffuse field, the amplitude of the bending wave with increasing frequency ω also decreases exponentially.

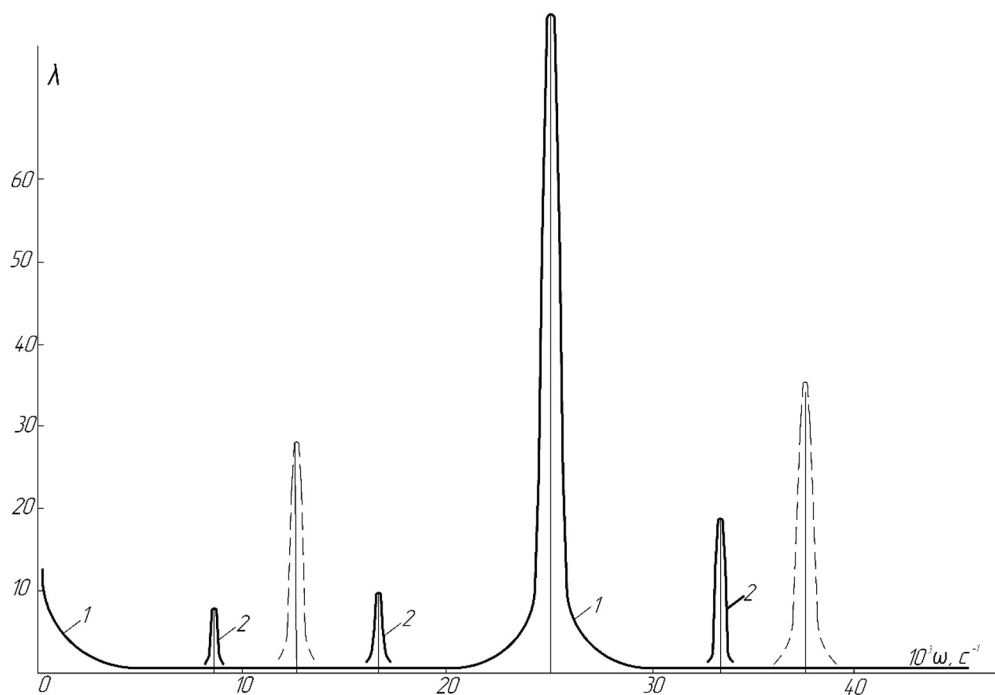


Fig. 5. Change in flexural wave length

Literature

1. Заборов В. И. Теория звукоизоляции слоистых ограждений от воздушного шума // Изв. Академии и архитектуры СССР. № 2. С. 37–41.
2. Ржаницын А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций / Акад. строит. и архит. СССР. М.: Стройиздат, 1948. 143 с. Библиогр.: С. 141–142.
3. Heckl M. Die schalldämmung von homogenen einfachwandigen endlicher Fläche // Akustika. 1960. Vol. 10, № 2. P. 207–211.
4. Горшков А. Г., Григолюк Э. И. Действие плоской волны давления на упругие конструкции с жесткими элементами // Динамика упругих и твердых тел, взаимодействующих с жидкостью. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972. С. 62–72.
5. London A. Transmission of Reverberant Sound through Double Walls // J. Acoust. Soc. Am. Vol. 22. P. 270–275.
6. Заборов В. И. Некоторые вопросы звукоизоляции ограждений от воздушного шума / Главгорстрой г. Минск. М.: Стройиздат, 1961. 279 с. Библиогр.: С. 275–278.
7. Мельник В. Н. Волновые задачи в акустических средах [Текст]: моногр. / В. Н. Мельник, Н. В. Ладогубец. НТУУ «КПИ»; НАУ. К: НАУ-друк, 2016. 432 с.
8. Карачун В. В. О колебаниях пластин при акустическом нагружении // Прикл. механика. 1988. 24, № 11. С. 84–91.
9. Лямшев Л. М. Отражение звука тонкими пластинами и оболочками в жидкости / АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 73 с. Библиогр.: С. 72.
10. Колебания кинематически возбуждаемых механических систем с учетом диссипации энергии: (Монография) / Г. С. Писаренко, О. Е. Богинич; ИПП им. Г. С. Писаренко Нац. акад. наук Украины. Киев: Наук. думка, 1982. 220 с.: ил., табл. Библиогр.: С. 117–119.
11. Тимофеев А. К. Опытные исследования изолирующей способности стен и перегородок / АС и А СССР. М.: Стройиздат, 1957. 217 с. Библиогр.: С. 212–216.
12. Korobiichuk I., Karachun V., Mel'nick V. Stochastic structure of inciting factors of trivial gyro stabilized platform. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1044. P. 36–44.
13. Карачун В. В., Мельник В. Н. Возникновение резонанса в акустической среде подвеса поплавкового гироскопа // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. № 1/7 (79). С. 39–44.
14. Karachun V., Mel'nick V. Acoustic radiation energy focus in a shell with liquid/ Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017. 543 p. P. 459–463.
15. Korobiichuk I., Karachun V. B., Mel'nick V., Kachniarz M. Modelling of Influence of Hypersonic Conditions on Gyroscopic Inertial Navigation Sensor Suspension. Metrol. Meas. Syst. 2017. 24. P. 357–368. [Google Scholar] [CrossRef] doi: 10.3390/s16030299
16. Мельник В. М., Бойко Г. В. Возникновение акустической вибрации в круглой пластине. Нестационарная задача // Вісник двигунобудування. 2016. № 2. С. 81–86.

УДК 622.691.4

Григорський Станіслав Ярославович

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтохранилищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Григорский Станислав Ярославович

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Hryhorskyy Stanislav

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the

Department of Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storages

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Іванов Олександр Васильович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтохранилищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Иванов Александр Васильевич

кандидат технических наук,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Ivanov Oleksandr

PhD, Associate Professor of the

Department of Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storages

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СУМІШІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВОДНЕМ

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СМЕСИ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ВОДОРОДОМ

FEATURES OF HYDRAULIC CALCULATION OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS BY TRANSPORTATION OF A MIXTURE OF NATURAL GAS WITH HYDROGEN

Анотація. Удосконалено методику проектного розрахунку газорозподільних мереж низького тиску при транспортуванні газоводневих сумішей із врахуванням фізичних властивостей, обчислених за рівнянням стану по величині вільної енергії Гельмгольца. Досліджено вплив вмісту водню в складі природного газу на режимні параметри системи газопостачання.

Ключові слова: фундаментальне рівняння стану, газорозподільні мережі, газоводневі суміші, проектний розрахунок газової мережі.

Аннотация. Усовершенствовано методику проектного расчета газораспределительных сетей низкого давления при транспортировке газоводородных смесей с учетом физических свойств, вычисленных по уравнению состояния по величине

не свободной энергии Гельмгольца. Исследовано влияние содержания водорода в составе природного газа на режимные параметры системы газоснабжения.

Ключевые слова: фундаментальное уравнение состояния, газораспределительные сети, газоводородные смеси, проектный расчет газовой сети.

Summary. The method of design calculation of low-pressure gas distribution networks during the transportation of gas-hydrogen mixtures has been improved, taking into account the physical properties calculated by the equation of state using the Helmholtz free energy. The influence of the hydrogen content in the natural gas composition on the regime parameters of the gas supply system has been studied.

Key words: fundamental equation of state, gas distribution networks, gas-hydrogen mixtures, gas network design calculation.

Світові тренди останнього десятиліття у сфері декарбонізації енергетичної сфери загалом та вуглеводневого сектору зокрема зумовили виникнення множини різноманітних технічних рішень. У сфері газової інфраструктури ключовим серед таких рішень є додавання газоподібного водню у середовище природного газу та передача кінцевим споживачам газоводневих сумішей. Концентрація водню у таких сумішах може коливатись у межах від 2% до 100% залежно від низки чинників, серед яких можна виокремити наявність доступних обсягів водню, технічних можливостей газових мереж та газових приладів у кінцевих споживачів [1; 2; 3].

При проектуванні та експлуатації систем газопостачання основна увага приділяється проведенню достовірних гідравлічних розрахунків ділянок газових мереж. Враховуючи те, що все більшого поширення набуває прокладання газових мереж населених пунктів з поліетиленових газопроводів, проведення достовірних гідравлічних розрахунків наразі є актуальним питанням. У зв'язку з цим важливе практичне значення мають розробка методів та алгоритмів гідравлічних розрахунків поліетиленових газових мереж, а також їх реалізація у програмному забезпеченні [4; 5]. Одним із шляхів удосконалення методів розрахунку систем газопостачання є використання більш точних математичних моделей, які дають змогу більш адекватно змодельовати ті процеси і режими, які мають місце в поліетиленових газопроводах. Особливо це стосується альтернативного та екологічного способу використання газоводневих сумішей та їх постачання споживачам через промислові газопроводи.

Розвиток методів термодинамічного моделювання визначив нові можливості оптимізації визначення витрати газу в потоці. Проте в ранніх роботах, наприклад, для розрахунку справжнього потоку також вдавалися до досить некоректного припущення щодо ідеальності газової суміші. Більш продуктивними був пошук та застосування для опису поведінки природного газу більш універсальних рівнянь стану, що дозволяють характеризувати сукупність термодинамічних (і термодинамічних) властивостей. Поряд із класичними

рівняннями Пенга-Робінсона [6] були запропоновані рівняння безпосередньо для опису газів та газових сумішей. Насамперед, слід зазначити рівняння стану AGA-8 [7], прийняте як стандарт Американської газової асоціації [8].

Рівняння стану AGA-8 записується через фактор стисливості Z як функція відносної густини δ , оберненої відносної температури τ і молярних часток компонентів x_i із урахуванням неідеальної складової вільної енергії Гельмгольца у вигляді [8]

$$Z = \frac{p}{\rho \cdot R \cdot T} = 1 + \frac{B \cdot \delta}{K^3} - \delta \cdot \sum_{n=13}^{18} C_n \cdot \tau^{u_n} + \sum_{n=13}^{18} C_n \cdot \tau^{u_n} \cdot \delta^{b_n} \cdot (b_n - c_n \cdot k_n \cdot \delta^{k_n}) \cdot \exp(-c_n \cdot \delta^{b_n}), \quad (1)$$

де B — другий віріальний коефіцієнт;

K — параметр розміру суміші;

C_n — функція молярних долей компонентів газу;

u_n, b_n, c_n, k_n — коефіцієнти рівняння стану і функції молярних часток компонентів.

При проектуванні системи газопостачання населеного пункту обов'язковим розділом є визначення річних і максимальних годинних витрат газу всіма його споживачами.

Річні витрати газу необхідно знати для проектування газотранспортної системи, що живить населений пункт. За максимальними годинними витратами газу виконують всі гідравлічні розрахунки газових мереж високого, середнього та низького тиску, підбираються регулюючі пристрої на ГРП і ГРС [4; 5; 9].

Основними розрахунками витрат газу споживачами є [9]:

- витрати газу на господарсько-побутові потреби населення в житлових будинках;
- витрати газу на опалення житлових і громадських будинків;
- витрати газу на вентиляцію громадських будинків.

Для дослідження впливу вмісту водню в природному газі на експлуатаційні параметри системи газопостачання населених пунктів необхідно спочатку виконати розрахунки фізичних властивостей газової суміші за класичною [4] та нормативною більш точною методикою AGA-8 [8]. Тоді

відповідно до державних будівельних норм [9], необхідно провести обчислення річних і максимальних годинних витрат газу споживачами населеного пункту.

Для прикладу на рисунках 1 та 2 показано результати розрахунків витрати газу на ГРП та

котельню для споживачів сільського населеного пункту (число жителів 925) залежно від мольного вмісту водню в складі газу (від 0 до 40%).

Через відсутність відмінностей при розрахунках теплотворної здатності природного газу по нормативній і класичній методиках результати

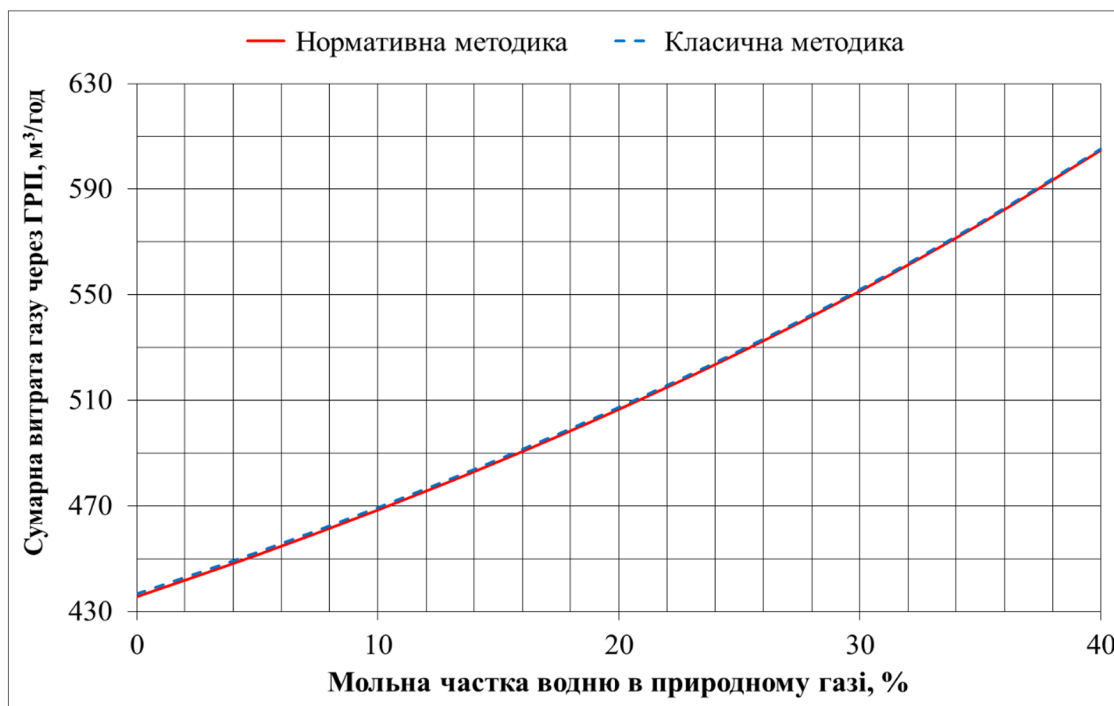


Рис. 1. Зміна сумарної витрати газу на ГРП від мольної частки водню в складі природного газу
Джерело: розрахунок властивостей газу за нормативною [8] та класичною методиками [4]

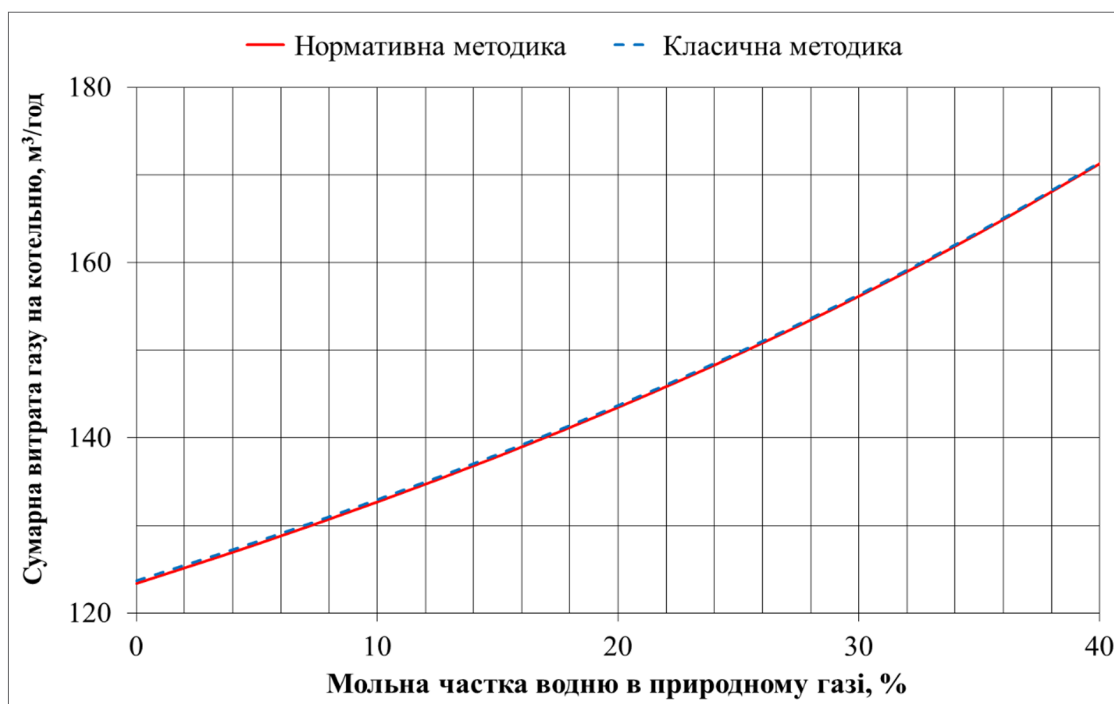


Рис. 2. Зміна сумарної витрати газу на котельню від мольної частки водню в складі природного газу
Джерело: розрахунок властивостей газу за нормативною [8] та класичною методиками [4]

по витраті газу на ГРП та місцеву котельню для живлення населеного пункту є також практично однаковими (найбільше відхилення між двома методиками розрахунку по абсолютній величині не перевищує 0,3%).

При зміні мольної частки водню в складі газу від 0 до 40% витрата газу на ГРП змінюється від 435,6 до 604,8 м³/год, тобто зростає на 38,8%.

Зазначимо, що залежність зміни розглянутих вище параметрів (розрахункових витрат газу) від

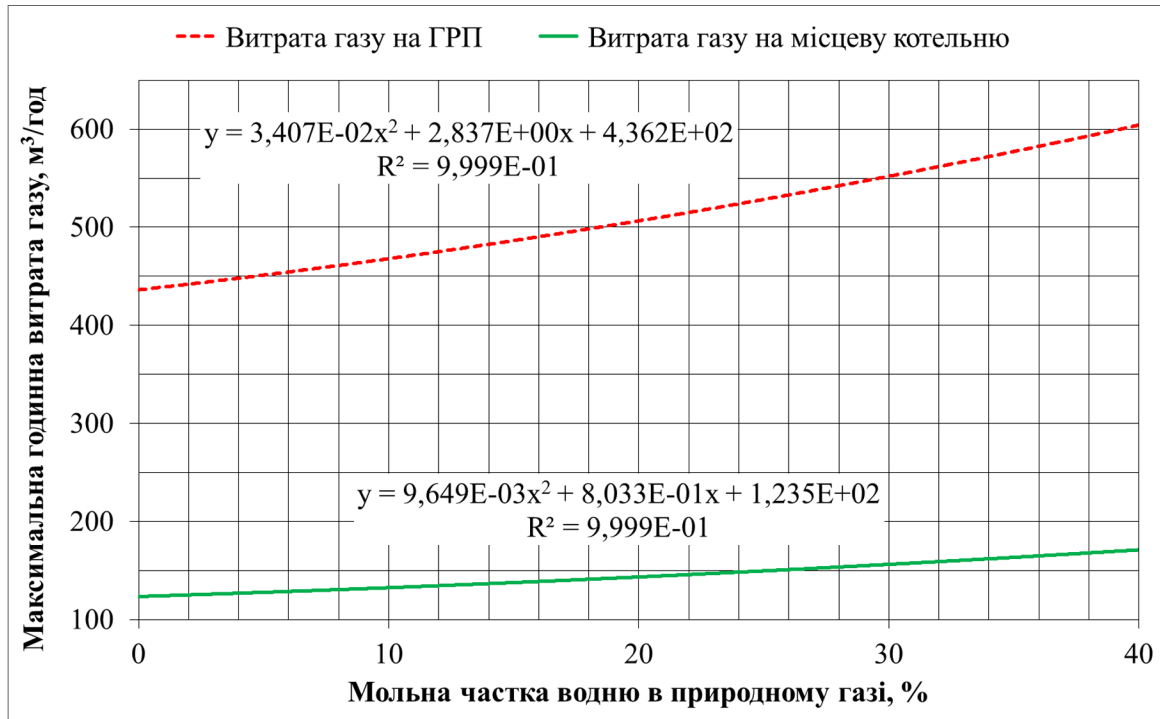


Рис. 3. Результати математичного моделювання сумарної витрати газу на ГРП та місцеву котельню від мольної частки водню в складі природного газу

Джерело: розрахунок за нормативною методикою [8]

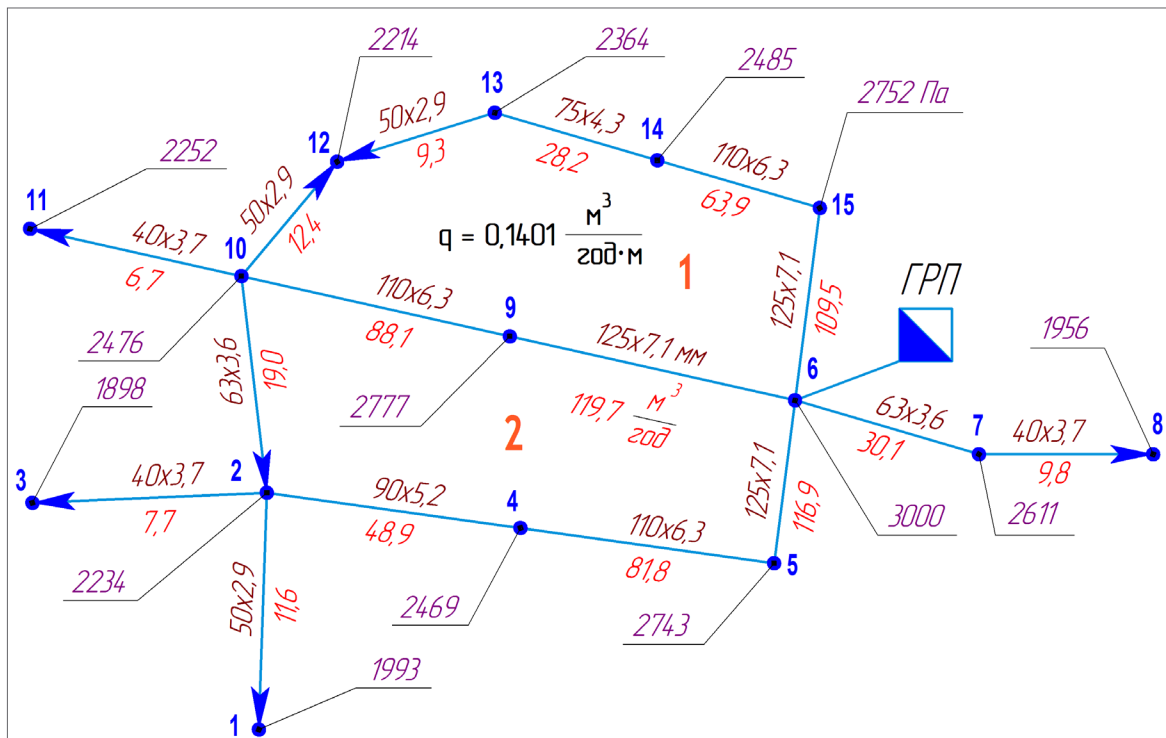


Рис. 4. Результати проектного гідралічного розрахунку ділянок газової мережі низького тиску із урахуванням фізичних властивостей газу за рівнянням стану AGA-8 [8] (вміст водню в газі 0%)

мольної частки водню є нелінійною, та з високим ступенем достовірності апроксимації описується за допомогою полінома другого степеня (рис. 3).

Для дослідження впливу мольного вмісту водню в складі природного газу на режимні параметри системи газопостачання проведено проектний

розрахунок газової мережі низького тиску вказаного вище сільського населеного пункту. Розрахунки виконувались для мольної концентрації водню в газі 0, 20 та 40% із урахуванням фізичних властивостей суміші відповідно до рівняння стану AGA-8 [8]. На схемі мережі (рис. 4–6)

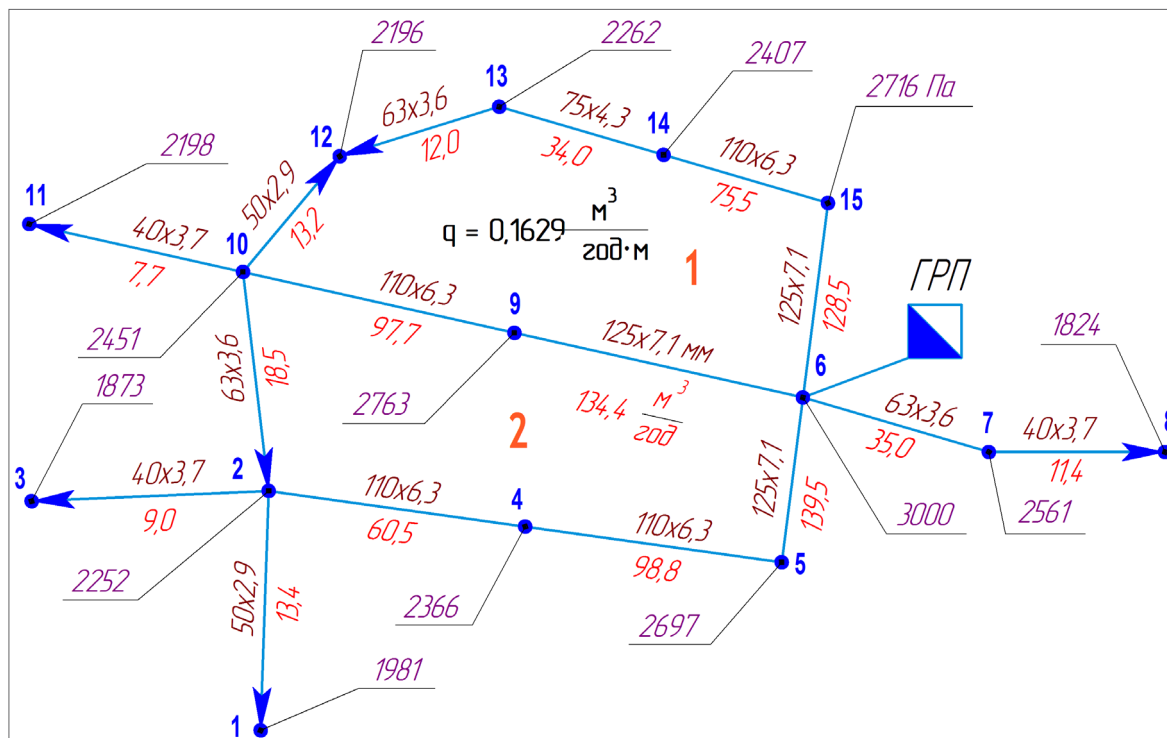


Рис. 5. Результати проектного гідравлічного розрахунку ділянок газової мережі низького тиску із урахуванням фізичних властивостей газу за рівнянням стану AGA-8 [8] (вміст водню в газі 20%)

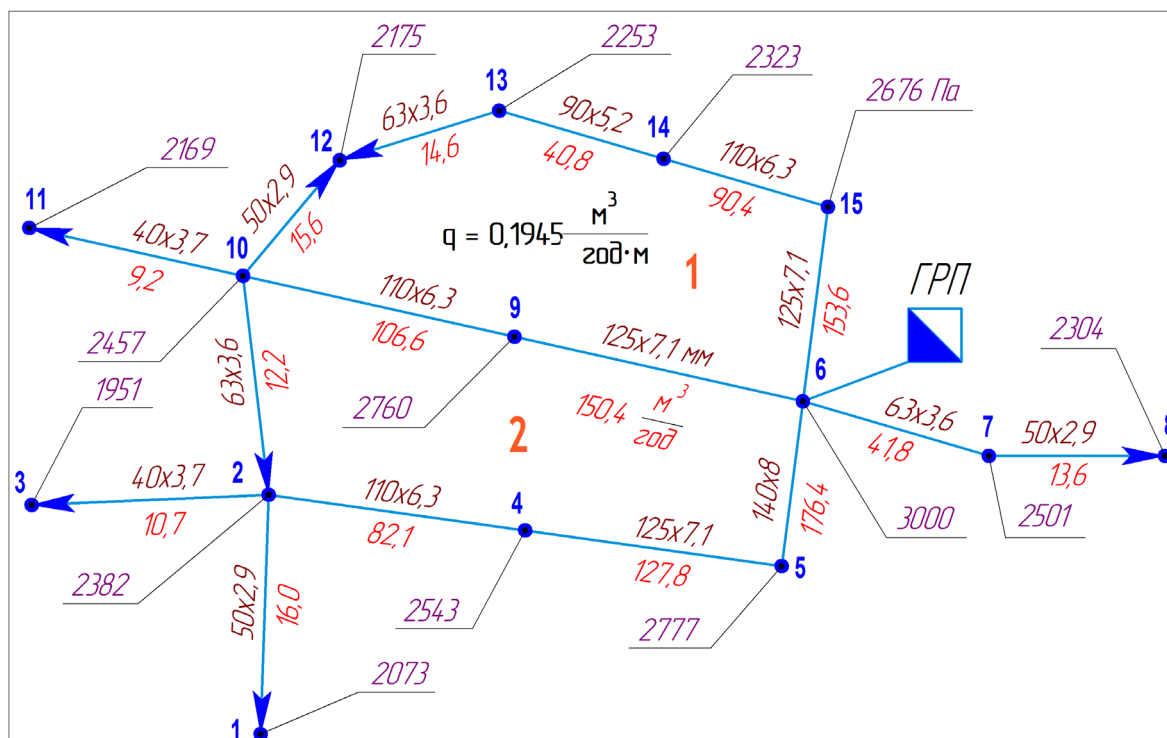


Рис. 6. Результати проектного гідравлічного розрахунку ділянок газової мережі низького тиску із урахуванням фізичних властивостей газу за рівнянням стану AGA-8 [8] (вміст водню в газі 40%)

вказується необхідний діаметр трубопроводу, розрахункова витрата та робочий тиск газу у вузлових точках мережі.

Тобто збільшення концентрації водню у складі природного газу, що постачається населеним пунктам призведе до того, що необхідно буде передбачати прокладання на окремих ділянках газової мережі трубопроводів більшого діаметра, і відповідно зростуть капітальні витрати на спорудження і експлуатацію системи.

Висновки

1. Удосконалено методику проектного розрахунку поліетиленових газових мереж низького тиску комбінованої структури із урахуванням фізичних властивостей газозводневої суміші за допомогою фундаментального рівняння стану AGA-8. При цьому необхідні діаметри ділянок мережі знаходяться за величиною середнього гідрравлічного нахилу основного напрямку руху газу до якого належить ділянка мережі.

2. Виконано апробацію розробленої методики на прикладі проектного розрахунку системи газопостачання низького тиску сільського населеного пункту. Розрахунки показали, що при зміні концентрації водню від 0 до 40% в складі природного газу необхідна витрата газу на ГРП зростає майже на 38%. При цьому для вмісту водню в газі 20% (в порівнянні з транспортуванням газу без водню) необхідно забезпечити додаткові 150 м поліетиленового газопроводу діаметром 63Ч3,6 мм та 210 м газопроводу діаметром 110Ч6,3 мм. Для вмісту водню в газі 40% вже необхідно забезпечити сумарно 1160 м труб більшого діаметру (в тому числі діаметрами від 50 до 140 мм).

3. Отримані результати дозволять підвищити ефективність прийняття рішень щодо проектування поліетиленових газових мереж низького тиску комбінованої структури при транспортуванні суміші природного газу та водню в мольних концентраціях від 0 до 40%

Література

1. Никоноров О. Роль газотранспортної інфраструктури України в розвитку водневої енергетики / О. Никоноров // Нафтогазова галузь України. 2020. № 5. С. 3–8.
2. Казда С. Наукове супроводження експериментів транспортування сумішей водню та природного газу розподільними газопроводами / С. Казда, Л. Уніговський // Нафтогазова галузь України. 2020. № 5. С. 9–14.
3. Hydrogen/Helping to «decarbonize» the global energy mix with increased hydrogen use // hydrogen use. URL: <https://www.gti.energy/creating-carbon-freehydrogen>. GTI, IL, 2020.
4. Середюк М. Д. Проектування та експлуатація систем газопостачання населених пунктів / М. Д. Середюк, В. Я. Малик, В. Т. Болонний. Івано-Франківськ: Факел, 2003. 435 с.
5. Гончарук М. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України / М. І. Гончарук, М. Д. Середюк, В. І. Шелудченко. Івано-Франківськ: Сімик, 2006. 1314 с.
6. Peng D. Y., Robinson D. B. A New Two-Constant Equation of State // Ind. Eng. Chem. Fundam. 1976. V. 15. P. 59.
7. Starling, K.E. and Savidge, J. L. Compressibility Factors of Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases. American Gas Association Transmission Measurements Committee Report No. 8, Second Edition, November 1992, and Errata No. 1, June 1993, Arlington.
8. ISO 20765–1, 2. Natural gas □ Calculation of thermodynamic properties: Part 1: Gas phase properties for transmission and distribution applications; ISO Copyright Office: Geneva, 2006.
9. Газопостачання. Інженерне обладнання будівель і споруд. Зовнішні мережі і споруди: ДБН В.2.5–20–2018. [Чинні від 2019–07–01]. К.: Укрархбудінформ, 2019. 115 с.

УДК 622.691.4

Григорський Станіслав Ярославович

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Григорский Станислав Ярославович

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Hryhoriy Stanislav

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of

Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storages

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Іванов Олександр Васильович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Иванов Александр Васильевич

кандидат технических наук,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Ivanov Oleksandr

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of

Gas and Oil Pipelines and Gas and Oil Storages

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ ДЛЯ ВИНОСУ СКУПЧЕНЬ ВОДИ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ДЛЯ ВЫНОСА СКОПЛЕНИЙ ВОДЫ

RESEARCH OF OPERATING MODES OF THE MAIN OIL PIPELINE FOR THE REMOVAL OF WATER ACCUMULATIONS

Анотація. Розглянуто метод розрахунку продуктивності магістрального нафтопроводу для руйнування та виносу скупчень води з порожнини трубопроводу. Для дослідної ділянки нафтопроводу оцінено величину залпової та розмивної швидкості руху нафти із урахуванням сезонних змін властивостей нафти, особливостей профілю траси та фактичних режимів роботи.

Ключові слова: залпова швидкість, висхідна ділянка, розмивна швидкість, геометричний нахил.

Аннотация. Рассмотрен метод расчета производительности магистрального нефтепровода для разрушения и выноса скоплений воды из полости трубопровода. Для опытного участка нефтепровода оценена величина залповой и размывной скорости движения нефти с учетом сезонных изменений свойств нефти, особенностей профиля трассы и фактических режимов работы.

Ключевые слова: залповая скорость, восходящий участок, размывная скорость, геометрический уклон.

Summary. The method of calculating the productivity of the main oil pipeline for the destruction and removal of accumulations of water from the cavity of the pipeline is considered. For the experimental section of the oil pipeline, the value of salvo and washout velocity of oil movement was estimated, taking into account seasonal changes in oil properties, features of the route profile and actual operating modes.

Key words: volley speed, ascending section, speed of gradual removal, geometric slope.

У процесі експлуатації магістральних нафтопроводів гідравлічний опір зростає через наявність відкладень важких компонентів нафти, води та механічних домішок на внутрішній поверхні та в порожнині трубопроводу, що зменшують його поперечний переріз і пропускну здатність та збільшують енерговитратність транспорту нафти.

Скупчення води можуть утворюватися внаслідок планових та непланових зупинок нафтопроводу, неповного видалення води під час проведення ремонту, випробування та пуску нафтопроводу в експлуатацію, та перекачування нафти із певним вмістом води. Переважно вони акумулюються в пониженнях ділянках магістральних трубопроводів. Крім того, за певних гідродинамічних умов відбувається стрибкоподібна зміна характеристик розшарованого потоку (скупчення), що може привести до його поділу на частини і виносу у вигляді великих утворень, відомих в літературі [1–3] під назвою «Slug». При зміні режиму роботи нафтопроводу, особливо при значному збільшенні продуктивності, можуть відбутись неконтрольовані поступлення додаткових обсягів води на кінцевий пункт (приймально-здавальну дільницю), що призводить до погіршення якісних показників нафти, зокрема показника вмісту води у нафті. Наявність корозійно-активної водної фази, що знаходиться в нижній частині трубопроводу створює сприятливі умови для розвитку корозії внутрішньої порожнини трубопроводу.

З практичної точки зору необхідно вміти розраховувати оптимальні параметри перекачування нафти і нафтопродуктів трубопроводами для запобігання умов виникнення процесу корозії за рахунок періодичного розсіювання корозійноактивної водної фази, що рухається в нижній частині трубопроводу. Тобто визначити такі продуктивності трубопроводу, за яких досягається поступовий розмив водяних скупчень або їх безпосередній цілковитий залповий винос із висхідних ділянок.

Середня швидкість течії нафти, при якому забезпечується винесення скупчення води з висхідної ділянки нафтопроводу, визначається за формулою [4] (так звана «залпова» швидкість)

$$w_s = K_w \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot D \cdot i_z \cdot \frac{1 - \Delta_n}{\Delta_n}}{\lambda}}, \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (1)$$

де K_w — безрозмірний поправочний коефіцієнт:

$$K_w = 0,564 - 0,133 \cdot \ln \gamma_n + [2,435 \cdot i_z^{0,27} - 1] \cdot (0,065 \cdot \ln \gamma_n - 0,278), \quad (2)$$

i_z — геометричний нахил висхідної ділянки, що дорівнює відношенню різниці геодезичних позначок кінця і початку ділянки Δz до її довжини l ;

g — прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;

D — внутрішній діаметр нафтопроводу, м ;

λ — коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу;

Δ_n , γ_n — безрозмірні відносні густина та в'язкість нафти, що дорівнюють відношенню густини та кінематичної в'язкості нафти до відповідних значень вказаних параметрів для води.

Розрахунок процесу поступового (крапельного) виносу, який відбувається шляхом поступового розмивання скупчень потоком нафти здійснюється за формулою [5, 6], яку запишемо через відносні густину і в'язкість нафти

$$w_p = 0,067 \cdot \gamma_n^{0,23} \cdot D^{0,54} \cdot \left[\frac{1 - \Delta_n}{\Delta_n \cdot d_{kp}} \cdot \frac{1 - i_z^2}{i_z} \right]^{0,38}, \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (3)$$

де d_{kp} — діаметр крапель води, що являють собою поступово розмиті накопичення води в нижній частині висхідної ділянки нафтопроводу, м .

Проведемо розрахунки величини виносної та розмивної продуктивностей для однієї з експлуатаційних ділянок вітчизняного транзитного нафтопроводу. Обчислення виконано для зимових та літніх умов перекачування, що відповідають мінімальній та максимальній середньорічній температурі ґрунту на глибині залягання осі підземного трубопроводу. Оскільки висхідних ділянок на трасі дослідного нафтопроводу є понад 400, то всі результати багатоваріантних розрахунків необхідних режимів роботи нафтопроводу для забезпечення виносу скупчень води оформляємо у вигляді графічних залежностей (рис. 1, 2).

Рисунок 1 ілюструє графічну залежність, на якій представлено необхідні значення залпової добової масової продуктивності нафтопроводу для забезпечення повного виносу водяних скупчень із внутрішньої порожнини висхідних ділянок дослідного нафтопроводу. На графік нанесено лінію профілю траси та поле фактичних продуктивностей роботи зазначеної ділянки нафтопроводу впродовж року. Відповідно до технологічної карти оптимальних режимів роботи нафтопроводу його масова продуктивність змінюється в межах від 16,1 тис. т/д до 23,1 тис. т/д, що відповідає діапазону зміни об'ємної витрати 850–2400 $\text{м}^3/\text{год}$. Вказані значення продуктивності роботи нафтопроводу, як впливає, із рисунка 1 забезпечують

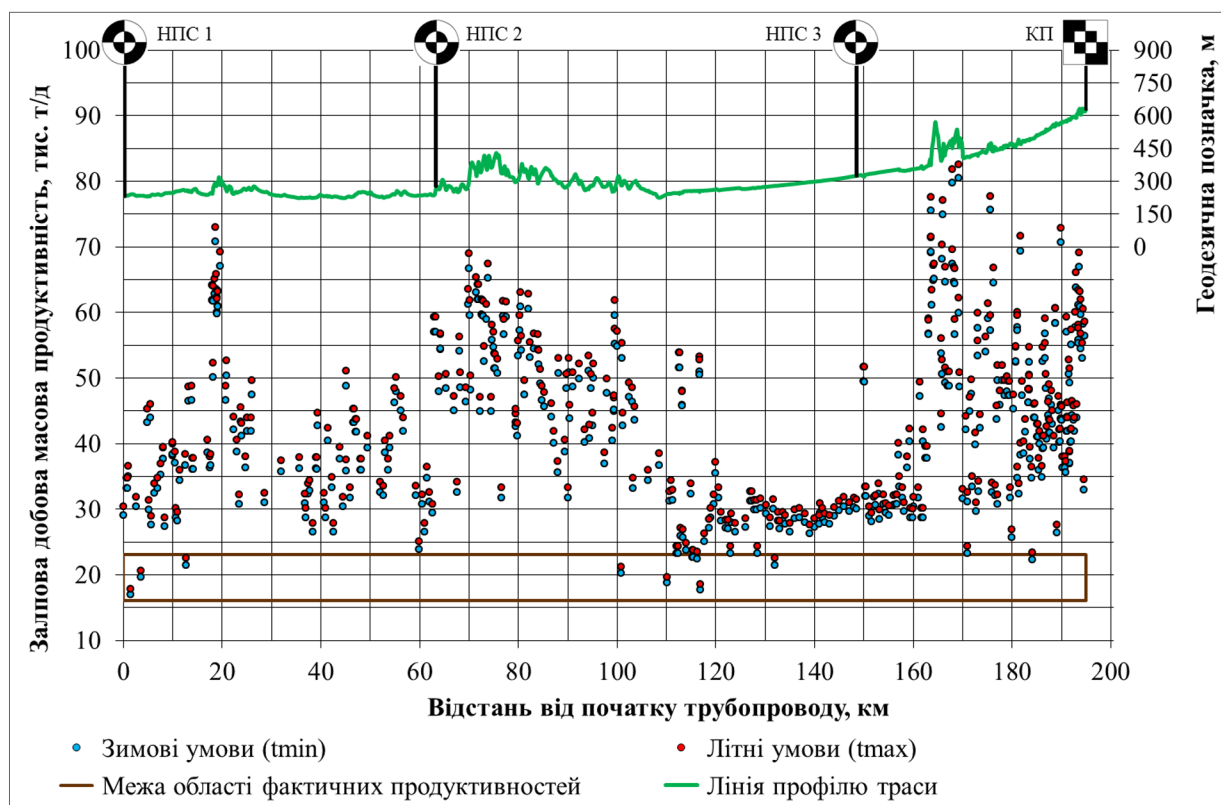


Рис. 1. Графік зміни добової залпової продуктивності нафтопроводу, що забезпечить повний та одночасний винос скупчення води із висхідних ділянок дослідного нафтопроводу

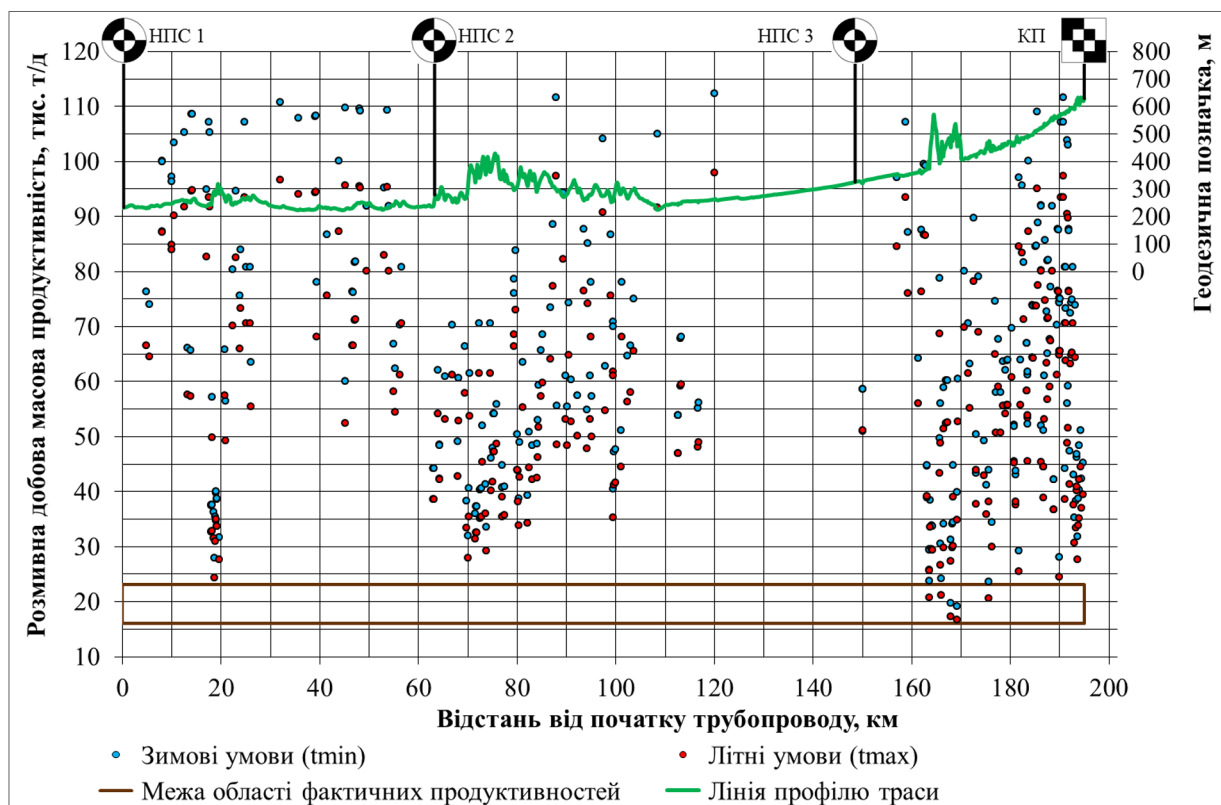


Рис. 2. Графік зміни добової продуктивності нафтопроводу, що забезпечить поступове руйнування скупчення води та подальший винос дрібних крапель води із висхідних ділянок дослідного нафтопроводу

залповий винос скупчень води тільки із незначної кількості висхідних ділянок, які розміщені на початку першого перегону та в кінці другого і третього перегонів. Тобто за фактичних умов роботи досліджуваного нафтопроводу з переважної більшості висхідних ділянок не вдасться здійснити залповий винос скупчень води.

На рисунку 2 наведено графічну залежність дискретного розподілу добової масової продуктивності нафтопроводу для забезпечення поступового розмиву скупчень води по довжині висхідних ділянок дослідного нафтопроводу. Як видно з рисунка 2, за умов експлуатації досліджуваної ділянки нафтопроводу технічно можливим є реалізація розмивної схеми видалення води з трубопроводу тільки на початку останнього перегону між третьою нафтоперекачувальною станцією (НПС 3) та кінцевим пунктом (КП), який характеризується пересіченим профілем траси. Як і у випадку із залповим виносом води, за фактичних режимів роботи дослідного нафтопроводу, з переважної більшості висхідних ділянок не вдасться здійснити поступовий розмив скупчень води.

Висновки

1. За результатами проведених розрахунків встановлено, що сезонні коливання властивостей нафти практично не впливають на величину

залпової продуктивності. Для мінімальної масової залпової витрати відхилення літніх значень від зимових не перевищує 4,8%, а для максимального значення продуктивності — 2,5%, що знаходиться в межах точності застосованих математичних моделей. Натомість зміни властивостей транспортованої нафти впродовж року помітно впливають на розмивну продуктивність (максимальне відхилення по абсолютній величині понад 13%).

2. За фактичних умов роботи досліджуваного нафтопроводу залповий винос скупчень води можливо реалізувати для незначної кількості висхідних ділянок, які розміщені на початку перегону НПС 1 – НПС 2 та в кінці решти лінійних ділянок. Сумарна довжина висхідних ділянок, на яких здійснюється даний режим роботи становить 5,9 км, що становить майже 5% від загальної протяжності висхідних ділянок на трасі трубопроводу.

3. Реалізація розмивної схеми видалення води з порожнини трубопроводу є технічно можливою тільки на початку останнього перегону НПС 3 – КП, профіль траси якого проходить через гірську місцевість. Сумарна довжина висхідних ділянок, які працюють на вказаному режимі, не перевищує 0,3 км, що становить майже 0,6% від загальної протяжності висхідних ділянок, які мають кут нахилу більший за 0,5°.

Література

1. Кутуков С.Е., Бажайкин С.Г., Мухаметшин Г.Р. Характеристика участка нефтепровода со скоплением воды // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 4 (106). С. 118–125.
2. Banu Alkaya. Oil-Water Flow Patterns and Pressure gradients in Slightly Inclined Pipes // Semiannual Report TUFFFT. Tulsa, 2001. May. P. 105–150.
3. Goldberg V., McKee F. Terrain Induced Slugging in Two-Phase Flow // Pipeline Engineering Symposium: Proceeding ASME. Dallas: ETCE, 1987. P. 241–248.
4. Байков И.Р., Жданова Т.Г., Гареев Э.А. Моделирование технологических процессов трубопроводного транспорта нефти и газа. Уфа: Изд-во Уфим. нефт. ин-та, 1994. 128 с.
5. Касперович В.К. Экспериментальные исследования условий удаления воды и воздуха из нефтепродуктопроводов: диссертация кандидата технических наук. М: МИНХ и ГП им. И. М. Губкина, 1965.
6. Kutukov S.E., Shammazov A.M. Hydrodynamic Conditions for the Existence of Water Accumulation in the Product Pipeline [Collection of Scientific Works «Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products»]. 2003. Issue 62. P. 43–45.

Климчук Ірина Олегівна

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Климчук Ирина Олеговна

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Klymchuk Iryna

Master of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Потапова Катерина Романівна

кандидат технічних наук,

доцент кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Потапова Екатерина Романовна

кандидат технических наук,

доцент кафедры системного программирования и специализированных компьютерных систем

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Potapova Kateryna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the

Systems Programming and Specialized Computer Systems Department

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Івасенко Дмитро Віталійович

магістрант

Національної академії внутрішніх справ

Ивасенко Дмитрий Витальевич

магистрант

Национальной академии внутренних дел

Ivasenko Dmytro

Master of the

National Academy of Internal Affairs

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8055

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ MEL-КЕПСТРАЛЬНИХ
КОЕФІЦІЄНТІВ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ МОВЛЕННЯ**

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MEL-КЕПСТРАЛЬНЫХ
КОЭФИЦИЕНТОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧИ**

**PECULIARITIES OF USING MEL-CEPSTRAL
COEFFICIENTS IN SPEECH RECOGNITION**

Анотація. Одною з основних форм взаємодії людей — це мовлення. У наш час достатня кількість корисних програм для розпізнавання мовлення людей, які мають певні обмеження. Ці програми перекладають текст, який був промовлений голосом у текст, для чіткого розуміння, що людина хоче розповісти. Головною метою методів по розпізнаванню мовлення є отримання інформації як вхідного голосового сигналу для подальшого чіткого перекладу. В сучасних методах по розпізнаванню мовлення використовується важлива частина — моделювання мови та акустичне моделювання. У наш час досить велика кількість методів для перекладу голосу в текст. Найоптимальніший метод розпізнавання побудований на базі прихованих моделей Маркова. Для виводу послідовностей символів використовують статистичні моделі. Тому метод на базі прихованих моделей Маркова є одним з найоптимальніших для вирішення подібних проблем. У статті досліджується методи розпізнавання мови людей з порушенням мовного апарату по короткому словнику з використанням *mel*-кепстральних коефіцієнтів. У запропонованому методі застосовуються критерій, який використовується для неупередженої оцінки логарифмічного спектру, до спектральної моделі, представленої коефіцієнтами MEL. Для розв'язання задачі нелінійної мінімізації, задіяної в методі, вони дають ітераційний алгоритм, збіжність якого гарантована. Приклади аналізу мовлення та результати ізольованого експерименту з розпізнавання слів.

Ключові слова: розпізнавання мови, мовний сигнал, короткий словник, *Mel*-кепстральні коефіцієнти програмний доготок, порушення мовного апарату.

Аннотация. Одной из основных форм взаимодействия людей — это речь. В настоящее время достаточное количество полезных программ для распознавания речи людей, имеющих определенные ограничения. Эти программы переводят текст, произнесенный голосом в текст, для четкого понимания, что человек хочет рассказать. Главной целью методов по распознаванию речи является получение информации как входящего голосового сигнала для последующего четкого перевода. В современных методах распознавания речи используется важная часть — моделирование языка и акустическое моделирование. В настоящее время достаточно большое количество методов для перевода голоса в текст. Самый оптимальный метод распознавания построен на базе скрытых моделей Маркова. Для вывода последовательностей символов используются статистические модели. Поэтому метод на базе скрытых моделей Маркова является одним из самых оптимальных для решения подобных проблем. В статье исследуются методы распознавания речи людей с нарушением речевого аппарата по короткому словарю с использованием *Mel*-кепстральных коэффициентов. В предложенном методе применяются критерий, используемый для беспристрастной оценки логарифмического спектра к спектральной модели, представленной коэффициентами MEL. Для решения задачи нелинейной минимизации, задействованной в методе, они дают итерационный алгоритм, сходимость которого гарантирована. Примеры анализа речи и результаты изолированного эксперимента по распознаванию слов.

Ключевые слова: распознавание языка, речевой сигнал, краткий словарь, *Mel*-кепстральные коэффициенты программное приложение, нарушение речевого аппарата.

Summary. One of the main forms of human interaction is speech. Nowadays, there are enough useful programs for speech recognition of people who have certain limitations. These programs translate the text that was spoken aloud into the text, to clearly understand what the person wants to say. The main purpose of speech recognition methods is to obtain information as an input voice signal for further clear translation. Modern methods of speech recognition use an important part — language modeling and acoustic modeling. Nowadays, there are quite a number of methods for translating a voice into a text. The best method of recognition is based on hidden Markov models. Statistical models are used to display sequences of characters. Therefore, the method based on hidden Markov models is one of the best for solving such problems. The article investigates the methods of speech recognition of people with speech disorders in a short dictionary using *mel*-cepstral coefficients. The proposed method applies the criterion used for unbiased estimation of the logarithmic spectrum to the spectral model represented by MEL coefficients. To solve the nonlinear minimization problem involved in the method, they provide an iterative algorithm whose convergence is guaranteed. Examples of speech analysis and results of an isolated word recognition experiment.

Key words: speech recognition, speech signal, short dictionary, *Mel*-cepstral coefficients software application, speech apparatus disorders.

Постановка проблеми. Розпізнавання мовлення в текст — це здатність програми визначати слова, вимовлені вголос, і перетворювати їх у текст, який можна читати. Початкове програмне забезпечення для розпізнавання мовлення має обмежений словниковий запас і може розпізнавати слова та фрази лише тоді, коли вони промовляються чітко. Більш складне програмне забезпечення може обробляти природну мову, різні акценти та різні мови. Програмне забезпечення для розпізнаван-

ня мовлення може перекладати вимовлені слова в текст, використовуючи закриті субтитри, щоб людина з втратою слуху могла зрозуміти, що говорять інші. Розпізнавання мовлення також може дозволити людям з обмеженим використанням рук працювати з комп'ютером, використовуючи голосові команди замість введення тексту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Mel*-кепстральні коефіцієнти (MFCC) були запропоновані і введені S. Davis і P. Mermelstein [1]. Декілька

параметричних уявлень акустичного сигналу порівнювалися з точки зору ефективності розпізнавання слів у системі розпізнавання безперервної мови, орієнтованої на склади [2]. Встановлено перевагу алгоритму симетричної форми. Успішно впроваджено новий метод, званий обмеженням нахилу, у якому нахил функції деформації обмежується, щоб покращити розрізнення слів у різних категоріях [3]. Декілька параметричних уявлень акустичного сигналу порівнювалися з точки зору ефективності розпізнавання слів у системі розпізнавання безперервної мови, орієнтованої на склади [4].

Метою роботи є аналіз та розкриття підходів існуючих алгоритмів та методів розпізнавання мовлення людей з дефектами мовного апарату.

Виклад основного матеріалу. Розпізнавання мовлення використовує широкий спектр досліджень з інформатики, лінгвістики та комп'ютерної інженерії. Багато сучасних пристроїв і програм, орієнтованих на текст, мають функції розпізнавання мовлення, які дозволяють простіше використовувати пристрій або використовувати його без використання рук.

Розпізнавання мовлення використовується для визначення слів у розмовній мові.

Системи розпізнавання мовлення використовують комп'ютерні алгоритми для обробки та інтерпретації вимовлених слів і перетворення їх у текст. Програмна програма перетворює звук, записаний мікрофоном, на письмову мову, яку можуть зрозуміти комп'ютери та люди, дотримуючись цих чотирьох кроків:

- 1) проаналізувати аудіо;
- 2) розбити його на частини;
- 3) оцифрувати його у формат, читабельний комп'ютером; і
- 4) використовуйте алгоритм, щоб узгодити його з найбільш підходящим представленням тексту.

Нині системи розпізнавання мовлення використовуються в різних середовищах. За останні роки було розроблено багато систем розпізнавання мовлення для вирішення різноманітних проблем у реальному світі.

Найчастіше розпізнавання мовлення використовується для:

- Під час навчання мови використовується програмне забезпечення для розпізнавання мовлення. Програмне забезпечення чує мову користувача та пропонує допомогу з вимовою.
- Автоматичні голосові помічники слухають запити клієнтів і надають корисні ресурси.
- Лікарі можуть використовувати програмне забезпечення для розпізнавання мовлення, щоб транскрибувати нотатки в режимі реального часу в медичні записи.
- Програмне забезпечення можна використовувати для стенограми судових засідань, виключаючи потребу в транскрибаторах.
- Смартфони використовують голосові команди для маршрутизації викликів, обробки мовлення в текст, голосового набору та голосового пошуку. Користувачі можуть відповідати на текст, не дивлячись на свої пристрої. Розпізнавання мовлення також можна знайти в програмах обробки текстів, таких як Microsoft Word, де користувачі можуть диктувати слова, які потрібно перетворити на текст.

Одним з популярних методів виділення звукових характеристик є метод розпізнавання мовлення з використанням Mel-кепстральними коефіцієнтами.

У системі автоматичного розпізнавання мови є такі фази: виділення ознак, навчання і розпізнавання (рис. 1). Після виділення ознак, ми отримуємо вектор ознак, в якому стислий опис сигналу з корисною інформацією для подальшого розпізнавання. Для того, щоб отримати результат прийнято використовувати методи, які можуть працювати в частотній області та в тимчасовій, при цьому проблема подання мови не вирішена до кінця і дослідження ведуться до теперішнього часу [5].

Векторні ознаки формуються у деяку послідовність довжиною T , яку називають акустичною. Також можемо побачити, що формується деяка послідовність $O = (o_1, o_2, \dots, o_T)$. За допомогою цієї послідовності можна передати точну послідовність

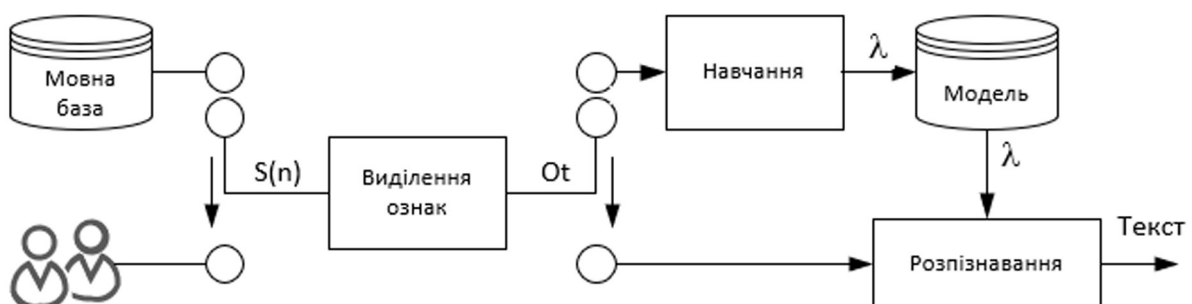


Рис. 1. Загальна схема CAPM

слів $W = (w_1, w_2, \dots, w_N)$. Сама задача розпізнавання мови така: отримання послідовності слів W , який аналогічно відповідає деякій акустичній послідовності O [6].

У статті розглянемо нову систему розпізнавання мовлення з використанням покращеного ке-пстрального коефіцієнта частоти Mel з методом вікон та кадрування. Метод вікон і кадрування використовується для видалення білого шуму Гауса у вхідному мовному сигналі. Блок видалення шумів ефективно використовує алгоритм невід'ємної матриці факторів для спектрів Mel -величини шумного вхідного звукового сигналу. Крім того, ке-пстральні коефіцієнти Mel -частот (MFCC) використовуються для знаходження більш важливих ознак, які існують у мовному сигналі.

При обробці звуку ке-пстральні частоти Mel (MFC) є представленням короткочасного спектру потужності звуку, заснованого на лінійному косинусному перетворенні логарифмічного спектру потужності на нелінійній шкалі частоти Mel.

Mel -частотні ке-пстральні коефіцієнти (MFCC) — це коефіцієнти, які разом складають MFC [7]. Вони є похідними від типу ке-пстрального представлення аудіо кліпу (нелінійний «спектр спектру»). Різниця між ке-пстром і ке-пстром Mel -частоти полягає в тому, що в MFC смуги частот рівномірно розташовані за шкалою Mel, що наближає реакцію слухової системи людини більш точно, ніж лінійно-рознесені смуги частот, які використовуються в нормальному спектрі. Таке викривлення частоти може дозволити краще відображати звук, наприклад, під час стиснення звуку.

Нижче наведено процес вилучення функцій MFCC. MFCC зазвичай отримують наступним чином:

1. Обирають перетворення Фур'є (витримку з вікна) сигналу.
2. Зображення потужності спектра, отриманого вище, на шкалу Mel, використовуючи трикутні вікна, що перекриваються, або, як альтернатива, вікна, що перекриваються косинусами.
3. Вибір журналі потужностей на кожний з частот Mel.
4. Дискретне косинусне перетворення списку потужностей Mel log, як ніби це сигнал.
5. MFCC — це амплітуди результуючого спектру.

Використовуючи MFCC можна краще представити людський голос, зазвичай LPCC використовується в цифровому спілкуванні, тому основна мета цієї техніки не представляє голос, а полягає в стисненні та передачі інформації, яка містить голос. Оскільки MFCC використовує шкалу Mel, наближення до поведінки людського голосу є хорошим, він краще представляє голос.

Подібні одиниці виміру часто використовують при вирішенні задач розпізнавання, так як вони дозволяють наблизитися до механізмів людського сприйняття, яке поки що лідирує серед відомих систем розпізнавання мови.

При збереженні промови на амплітуду звукового сигналу впливає низка чинників: гучність голосу диктора, його віддаленість від мікрофона тощо. Всі ці перелічені фактори призводять до великої варіативності гучності мовного сигналу [8]. Особливо сильно це явище помітне при використанні різномірної звукозаписної апаратури.

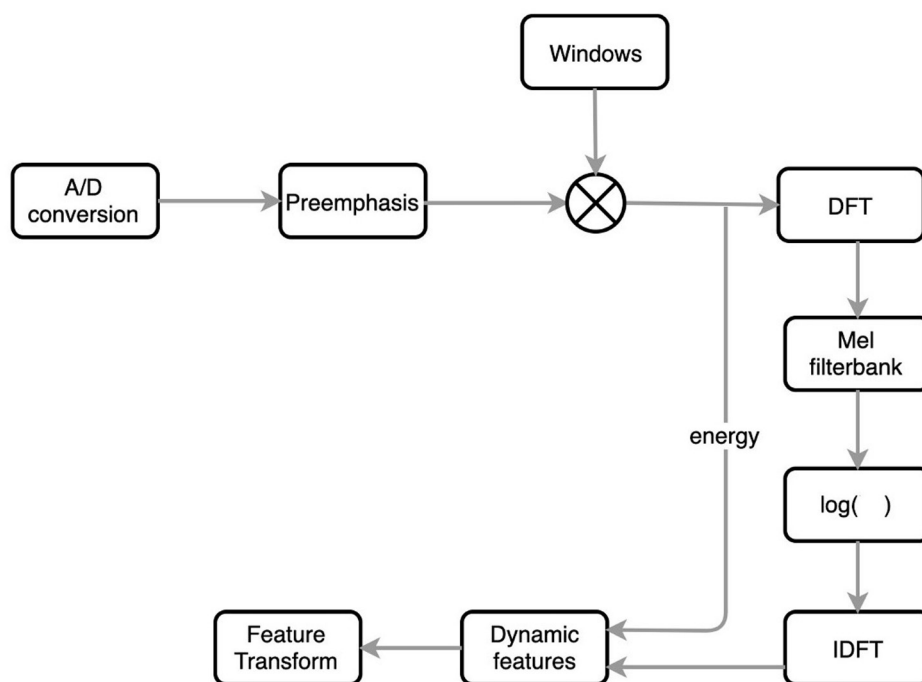


Рис. 2. Процес вилучення функцій MFCC

Висновки. Таким чином, в даній статті дано опис методу розпізнавання мови людей з порушенням мовного апарату з використанням Мел-кепстральних коефіцієнтів. Проаналізувавши всю

інформацію можна зробити висновок, що запропонований метод має ряд значних переваг, тому для розпізнавання мови людей з порушенням мовного апарату рекомендовано використовувати саме його.

Література

1. Davis S., Mermelstein P. Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 1980. № 28. P. 357–366.
2. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. July, 1989. Vol. 37. Iss. 7.
3. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Февраль 1978. Т. 26. Вып. 1.
4. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. Август 1980. Т. 28. Вып. 4.
5. Ognev I. V., Ognev A. I., Paramonov P. A., Sutula N. A. The use of extrema distribution as a feature vector for speech patterns recognition // The 11th International Conference «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies». 2013. Vol. 1. P. 114–117.
6. Claudio Becchetti, Lucio Prina Ricotti, *Speech Recognition. Theory and C++ Implementation* — Wiley. 1999. 428 p.
7. Min Xu; et al. (2004). «HMM-based audio keyword generation» (PDF). In Kiyoharu Aizawa; Yuichi Nakamura; Shin'ichi Satoh (eds.). *Advances in Multimedia Information Processing — PCM 2004: 5th Pacific Rim Conference on Multimedia*. Springer. ISBN 978-3-540-23985-7. Archived from the original (PDF) on 2007-05-10.
8. Огнев И. В., Парамонов П. А. Предварительная обработка речевого сигнала для построения базы произношений одиночных слов // Информационные средства и технологии: труды Международной научно-технической конференции (20–22 октября 2012 г.): в 3 т. М.: МЭИ, 2012. 1 т. С. 53–58.

References

1. Davis S., Mermelstein P. Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 1980. № 28. P. 357–366.
2. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. July, 1989. Vol. 37. Iss. 7.
3. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. February, 1978. Vol. 26. Iss. 1.
4. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. August, 1980. Vol. 28. Iss. 4.
5. Ognev I. V., Ognev A. I., Paramonov P. A., Sutula N. A. The use of extrema distribution as a feature vector for speech patterns recognition // The 11th International Conference «Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies». 2013. Vol. 1. P. 114–117.
6. Claudio Becchetti, Lucio Prina Ricotti, *Speech Recognition. Theory and C++ Implementation* — Wiley. 1999. 428 p.
7. Min Xu; et al. (2004). «HMM-based audio keyword generation» (PDF). In Kiyoharu Aizawa; Yuichi Nakamura; Shin'ichi Satoh (eds.). *Advances in Multimedia Information Processing — PCM 2004: 5th Pacific Rim Conference on Multimedia*. Springer. ISBN 978-3-540-23985-7. Archived from the original (PDF) on 2007-05-10.
8. Ognev I. V., Paramonov P. A. Preliminary processing of a speech signal to build a database of pronunciations of single words // Information tools and technologies: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (October 20–22, 2012): in 3 vols. M.: MPEI, 2012. 1 Vol. P. 53–58.

УДК 622.692.4

Люта Наталія Вікторівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Люта Наталия Викторовна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

Liuta Nataliia

*PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

Бортняк Олена Михайлівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Бортняк Елена Михайловна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

Bortnyak Olena

*PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

Антонюк Назар Володимирович

*студент
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*

Антонюк Назар Владимирович

*студент
Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа*

Antoniuk Nazar

*Student of the
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРНО-РЕОЛОГІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ НАФТ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРНО-РЕОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ НЕФТЕЙ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

**SPECIAL METHODS OF IMPROVEMENT OF STRUCTURAL AND
RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OILS WITH THE PURPOSE OF INCREASING
ENERGY EFFICIENCY OPERATIONS OF OIL TRANSPORT SYSTEMS**

Анотація. Розглянуто механізм впливу електричного поля на реологічні властивості сирої нафти, описано технологію використання магнітореологічних властивостей нафти для підвищення ефективності експлуатації магістральних нафтопроводів та наведено інформацію про обладнання для впливу на реологічні властивості нафти в умовах магістральних нафтопроводів.

Ключові слова: електричне поле, нафта, реологічні властивості, магістральний нафтопровід.

Аннотация. Рассмотрен механизм воздействия электрического поля на реологические свойства сырой нефти, описана технология использования магнитоореологических свойств нефти для повышения эффективности эксплуатации магистральных нефтепроводов, а также приведена информация об оборудовании для воздействия на реологические свойства нефти в условиях магистральных нефтепроводов.

Ключевые слова: электрическое поле, нефть, реологические свойства, магистральный нефтепровод.

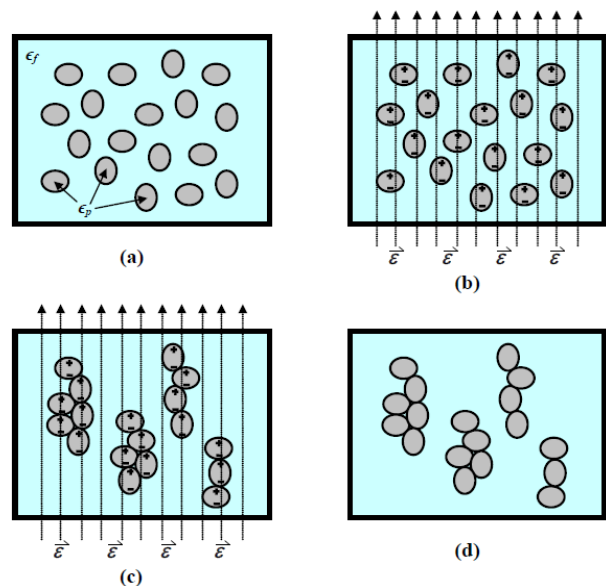
Summary. The mechanism of influence of electric field on rheological properties of crude oil is considered, the technology of using magnetorheological properties of oil to increase the efficiency of main oil pipelines operation is described, information on equipment for influencing the rheological properties of oil in the conditions of main oil pipelines is given.

Key words: electric field, oil, rheological properties, main oil pipeline.

Сира нафта — це суспензія частинок (парафінів чи асфальтенів, або їх суміші) в рідині, як показано на рис. 1(a). Рідина, що є основою для нафти складається з молекул бензину та дизелю та має в'язкість, набагато нижчу за в'язкість сирої нафти; висока в'язкість сирої нафти спричинена, в основному, суспензіями частинок в рідині [1 с. 1; 2 с. 2046]. В'язкість нафти залежить від в'язкості рідини-основи, насиченості рідини частинками та їх розмірів. Для певного об'ємного складу частинок, в'язкість нафти залежить від розмірів та розподілу частинок. Точніше, для сталої кількості(об'єму) частинок, в'язкість нафти зменшується зі збільшенням розмірів частинок. Таким чином, об'єднання менших частинок в більші в сталому об'ємі нафти може зменшити її в'язкість. Технологія, що описана нижче, змушує частинки, розчинені в нафті, тимчасово об'єднуватись в більші агрегати на час транспортування нафти трубопроводами. Об'єднані частинки поступово розпадаються на менші протягом декількох годин, і нафта повертається в початковий стан, який вона мала до об'єднання часточок (агрегації). Було показано, що електричне поле достатньої напруженості (приблизно 1 кВ/мм), правильно застосоване на нафті протягом необхідного проміжку часу (приблизно кілька секунд) змушує частинки в нафті об'єднуватись так, як це було описано вище, і в результаті цього знижує в'язкість нафти. Фізичний механізм, на якому засноване це явище, продемонстровано на рис. 1 та описано нижче.

У нафті, діелектрична стала E_p частинок зазвичай нижча за сталу E_f рідини. Наприклад, в нафті частинки асфальтенів мають діелектричну сталу понад 2,7, в той час коли діелектрична стала рідини становить 2,0–2,2. Як показано на рисунку 1(b), застосування електричного поля E до суспензії змушує частинки електрично поляризуватись у напрямку електричного поля під час його дії. Як результат, в кожній частинці дипольний момент p , де модуль p приблизно пропорційний до $E(E_p - E_f)$.

Як показано на рисунку 1(c), електричні взаємодії між диполями змушують частинки об'єднуватись з їхніми дипольними моментами, направленими по напрямку електричного поля, утворюючи пучки (скупчення) частинок, що веде до зменшення в'язкості нафти. Як показано на рис. 1(d), після зникнення поля, дипольні взаємодії припиняються. Після цього, об'єднані частинки поступово роз'єднуються в результаті броунівського руху, що поступово підвищує в'язкість нафти з часом. Процес розпаду частинок є відносно повільним



- (a) — суспензія частинок, діелектрична стала кожної з яких E_p , у рідині з діелектричною сталою E_f ;
- (b) — застосування електричного поля спричинило поляризацію частинок вздовж напрямку його дії;
- (c) — взаємодія диполів призвела до утворення скупчень частинок, що знаходяться у суспензії;
- (d) — утворення скупчень частинок, що знаходяться у суспензії

Рис. 1. Зміна реологічного стану сирої нафти після дії на неї електричного струму [1, с. 2]

і в'язкість повертається до свого початкового значення протягом декількох годин.

Якщо створені дипольні моменти є занадто великі або, якщо нафта піддається дії електричного поля довше, ніж потрібно, частинки швидко об'єднуються в макроскопічні ланцюги чи колони (комплекси) та заважають потоку рідини, і в'язкість від цього збільшується. З іншого боку, якщо дипольні моменти недостатньо сильні, а дипольні взаємодії занадто слабкі, щоб подолати тепловий Броунівський рух в рідині, об'єднання частинок не відбувається. Отже, і сила електричного поля, і тривалість його дії на нафту мають бути оптимізованими для утворення об'єднань часточок такого розміру, щоб це спричиняло зменшення в'язкості нафти. Теоретичні моделі показали, що електричне поле та час його дії, що призводять до бажаних змін в'язкості нафти, відповідно, становлять приблизно 1кВ/мм та декілька секунд, відповідно, а визначений час розпаду об'єднань частинок становить приблизно 2 години.

У випадку застосування електричного поля до суспензії в стані потоку, як в випадку з транспортуванням нафти трубопроводом, положення електричного поля відносно потоку рідини має також враховуватись. Як це схематично показано на рис. 1(с) та 1(д), об'єднані частинки зазвичай орієнтуються у напрямку електричного поля. Як показано на рис. 2(а), якщо поле не є паралельним до напрямку потоку рідини, то видовжені об'єднання частинок можуть обертатись через виникнення обертового моменту, а це дестабілізує в'язкість нафти. З іншого боку, якщо поле паралельне до напрямку потоку рідини, як це показано на рис 2(в), довгі осі видовжених частинок

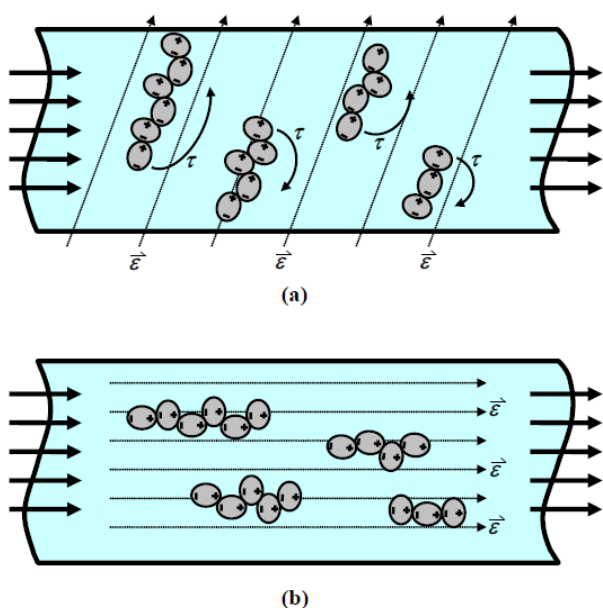


Рис. 2. Вплив напрямку електричного поля на орієнтацію скупчень частинок [1, с. 4]

паралельні до потоку рідини, а це запобігає обертовому руху частинок та знижує в'язкість нафти. Отже, зниження в'язкості нафти найкраще досягається при використанні електричних полів, паралельних до напрямку потоку рідини.

Електричні поля отримують шляхом створення високої напруги між двома провідниками. Необхідне електричне поле для вище описаного застосування утворюється від створення напруги між двома паралельними пластинками конденсатора. У випадку, коли відстань d між пластинами набагато менша за геометричні розміри пластинок, електричне поле поза пластинками дорівнює нулю, а електричне поле між пластинками стало в усіх точках (окрім зовнішніх країв пластин). Отже, для даної відстані між пластинами d , сила (інтенсивність) електричного поля може регулюватись за допомогою підведення необхідної напруги.

Потрібно зауважити, що коли діелектричний матеріал з діелектричною сталюю, що змінюється в просторі, яким і є сира нафта, знаходиться між пластинами, хоча напрямок електричного поля залишається таким самим, як і показано на рис. 3, сила електричного поля між пластинами не є однаковою по всьому об'єму діелектричного матеріалу. Але, усереднене значення сили електричного поля між пластинами становить V/d . Для застосування електричного поля на сирій нафті, що тече трубопроводом з напрямком, паралельним до напрямку протікання нафти, пристрій з паралельними пластинами можна помістити всередину трубопроводу.

Однак, нафті потрібно безперешкодно протікати через пластини. Через це, замість двох суцільних пластин використовують дві металеві сітки. На рис. 3, рідина що знаходиться на краях ділянки з сильним електричним полем піддається дії слабого електричного поля, або не піддається дії поля взагалі, а рідина, що розміщена між

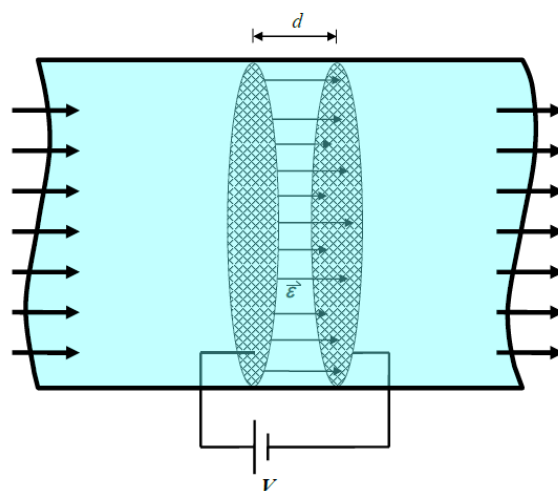


Рис. 3. Конденсатор з металевих сіток, розміщених у трубі, створює електричне поле, паралельне до напрямку потоку рідини [1, с. 6]

двох металевих сіток, піддається полю з середнім значенням $E = V/d$, що направлене в одному напрямку з потоком рідини. Кількість часу, під час якого певна частина рідини піддається дії електричного поля дорівнює часу $T = d/v$, за який рідина проходить відстань між двома сітками, де v — швидкість руху рідини.

Необхідне електричне поле E разом з напругою V , що подається з джерела напруги, визначає відстань d між металевими сітками. В звичайних випадках відстань d дає забезпечує проміжок часу проходження рідини через поле T , який є занадто коротким для того, щоб відбулась зміна в'язкості нафти. Отже, N сіткових конденсаторів можуть бути встановлені послідовно, і при цьому час проходження рідини через поле буде становити $T = Nd/v$.

Послідовне розміщення кількох металевих сіток безпосередньо в основній лінії трубопроводу є небажаним, бо це може спричинити низку проблем з обслуговуванням та безпекою трубопроводу. Через це необхідно використовувати лінію байпасу, в яку нафта відбирається з основного трубопроводу, а потім повертається в основний трубопровід, як це показано на рис. 4.

Як було описано раніше, після того, як нафта проходить через електричне поле, її в'язкість є значно зниженою. При її подальшому русі трубопроводом, через декілька годин її в'язкість поступово збільшується. Отже, «станції з електричними полями», описані вище, можна встановлювати періодично по трасі трубопроводу. Як вже зазначалось, цей процес не змінює ні температури, ні хімічного складу нафти. Отже, всі процеси, пов'язані з видобутком, переробкою, транспортом та використанням нафти залишаються незмінними.

Описане явище знайшло застосування у технології АОТTM, розробленій вченими Temple Uni-

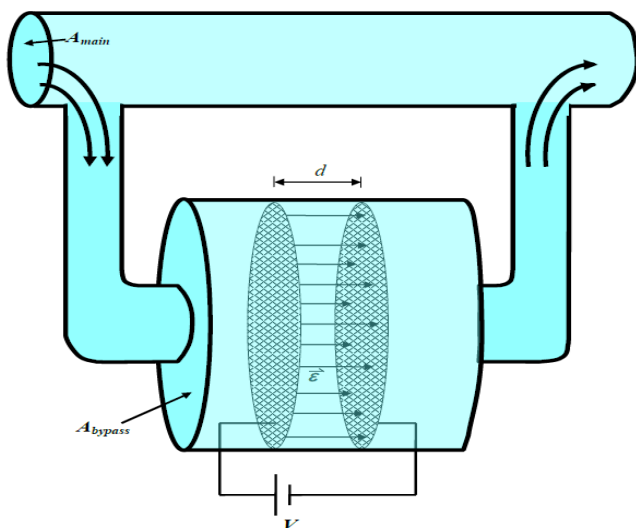


Рис. 4. Байпасна лінія, яку використовують для подачі імпульсу електричного поля до сирої нафти під час її транспортування трубопроводом [1, с. 8]

versity у співпраці з Save the World Air (STWA) (США). Зниження в'язкості за допомогою АОТTM має тимчасовий ефект, який триває протягом 12–48 годин. Після чого нафта повертається до свого природного реологічного стану. Технологія змінює молекулярну структуру сирої нафти, щоб зменшити тертя між частинками рідини зсередини. Для цього, компанія STWA розробила унікальний пристрій, що легко встановлюється, під назвою АОТTM, який слід розташовувати на магістральних трубопроводах кожні 50–200 км.

Установка АОТTM направляє потік нафти із трубопроводу в ряд великих вертикальних або горизонтальних ємностей, які працюють з надлишковим тиском (рис. 5). У міру того як сира нафта проходить через посудини високого тиску, внутрішнє обладнання за короткий час обробляє сирі нафту електричним струмом. Це необхідно для того, щоб заставити частинки парафіну, або асфальтену, розчинені у сирій нафті, агрегуватися в мікроскопічні скупчення твердих частинок, впорядковані, як показано на рис. 2.

Знижена в'язкість рідини дає можливість трубопроводу працювати з меншими втратами напору на тертя для заданої швидкості потоку і заданого робочого тиску. Насоси в свою чергу, витрачатимуть менше енергії на транспортування, тим самим заощаджуючи енергію, що робить установку АОТTM по-справжньому «зеленим» продуктом. Установку АОТTM встановлюють на насосних станціях з метою зменшення в'язкості сирої нафти, що транспортується трубопроводом. Пристрої розміщують в стандартних ємностях високого тиску, який може змінюватись в межах від необхідного номінального тиску 600 psi (4,14 МПа) до максимально допустимого робочого тиску 3000psi (20,68 МПа). Одна ємність АОТTM має пропускну здатність 5000 галонів за хвилину (19 м³/хв). Наприклад, як зображено на рис. 5, основний трубопровід з витратою 20000 галонів в хвилину (4560 м³/год) потребує паралельного встановлення чотирьох ємностей АОТTM. Це дозволяє створити стандартизований дизайн який можна адаптувати до магістральних нафтопроводів будь-якого діаметра.

Технології та методи, описані вище, можуть мати значний вплив на цілий ряд операцій з транспортування та переміщення рідин. В конкретному випадку, ці методи можуть застосовуватись для тимчасового зменшення в'язкості сирої нафти під час її транспортування, що дасть можливість знизити потужність насосів, необхідну для забезпечення тієї самої витрати, або для збільшення витрат нафти при сталій потужності, підведеній до насосів. Однак, в загальному, ці методи надають механізм, за допомогою якого в'язкість суспензії може регулюватись електричним полем без зміни температури та складу транспортованої рідини.



Рис. 5. Установка АОТ™ [3]

Література

1. Technology Note: Applied Oil Technology (AOT) System Investor Relations. URL: www.irthcommunications.com
2. Tao R., X. Xu Reducing the Viscosity of Crude Oil by Pulsed Electric or Magnetic Field. *Energy & Fuels*. 2006 (20). P. 2046–2051.
3. Kezdi M. STWA brings AOT to market. *North American Energy*. URL: <https://www.napipelines.com/stwa-brings-aot-market>

УДК 621.622

Стасюк Роман Богданович

кандидат технічних наук, доцент

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Стасюк Роман Богданович

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Stasiuk Roman

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the

Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Белей Оксана Ігорівна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Белей Оксана Игоревна

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры информационно-телекоммуникационных технологий и систем

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Belei Oksana

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the

Department of Information and Telecommunication Technology and Systems

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Мірзоєва Олександра Юріївна

асистент кафедри інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Мирзоева Александра Юрьевна

ассистент кафедры информационно-телекоммуникационных технологий и систем

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Mirzoieva Oleksandra

Assistant of the Department of

Information and Telecommunication Technology and Systems

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

Зібаров Кирил Петрович

студент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

Зибаров Кирилл Петрович

студент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа

Zibarov Kirill

Student of the Department Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8056

**АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ І
ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ РЕМОНТІ ТРУБОПРОВОДІВ**
**АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И
ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ**
**ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE STRESSES
AND STRAINS IN THE REPAIR OF PIPELINES**

Анотація. Зростаючі об'єми ремонту дефектних ділянок вимагають розробки і застосування більш економічних і менш трудомістких способів відновлення їх несучої здатності, що виключають вирізку труб, а в певних ситуаціях і зупинку перекачування газу.

Останніми роками акцент у світовій практиці методів ремонту зміщується в напрямку ширшого використання муфтових технологій, що дозволяють виключити вирізки трубних котушок плітей труб із дефектами. В цілому ряді випадків ремонт із використанням муфт є безальтернативним методом, наприклад, при витіках газу з порожнини і трубопроводу або як тимчасовий засіб при неможливості зупинки перекачування продукту.

Ключові слова: трубопровід, витікання газу, тиск, врізка.

Аннотация. Возрастающие объемы ремонта дефектных участков требуют разработки и применения более экономичных и менее трудоемких способов восстановления их несущей способности, исключающих вырезку труб, а в определенных ситуациях и остановку перекачки газа.

В последние годы упор в мировой практике методов ремонта смещается в направлении более широкого использования муфтовых технологий, позволяющих исключить вырезки трубных катушек плит труб с дефектами. В целом ряде случаев ремонт с использованием муфт является безальтернативным методом, например при утечках газа из полости и трубопровода или как временное средство при невозможности остановки перекачки продукта.

Ключевые слова: трубопровод, утечка газа, давление, врезка.

Summary. Increasing volumes of repair of defective areas require the development and application of more economical and less time-consuming ways to restore their load-bearing capacity, eliminating the cutting of pipes, and in certain situations, and stop the pumping of gas.

In recent years, the emphasis in the world practice of repair methods has shifted towards the wider use of coupling technologies, which allow to exclude cuttings of pipe coils of pipe plates with defects. In a number of cases, repair using couplings is a non-alternative method, for example, in case of gas leaks from the cavity and the pipeline or as a temporary means when it is impossible to stop the pumping of the product.

Key words: pipeline, gas leakage, pressure, inset.

Сучасні методи ремонту передбачають технологію капітального ремонту газопроводів у траншеї без припинення транспорту газу.

Найважливішим у згаданій технології є відповідність чинним нормативним документам у частині безпеки виконання робіт. Відповідно до проекту виконання робіт виконуються земляні роботи з розкриття ділянки газопроводу та формування траншеї із застосуванням екскаваторної та бульдозерної техніки за умови наближення різучих крайок на відстань не ближче, ніж 0,5 м до твірної трубопроводу з усіх сторін [1]. Залишки ґрунту видаляються ручним обкопуванням на відстань не ближче, ніж 0,1 м до твірної трубопроводу без застосування ударних інструментів, а остаточне очищення виконується водоструминним інструментом [1].

Земляні роботи здійснюються послідовно на окремих котлованах завдовжки 25 м. Довжина котловану визначається для кожного трубопроводу за розробленою спеціальною аналітичною методикою, яка забезпечує запобігання появі пластичних деформацій труби як балки, затиснені з двох боків, враховує залежність від діаметру труб, товщини стінок, типу ґрунтів, тиску газу у трубі та інших параметрів [2].

Крокова схема виконання робіт зумовлюється необхідністю «жорсткого» зберігання попереднього положення трубопроводу та повного виключення появи додаткових повздовжньо-поперечних напружень у тілі труби.

Технологічний процес виконання капітального ремонту окремих локальних ділянок трубопроводу

виконується зі зниженням тиску не менше, ніж на 10% від максимального робочого тиску за останній рік експлуатації, а під час ремонту тіла труби — не менше, ніж на 30% від максимально дозведеного [3].

Слід зауважити, що ремонтні роботи у зонах земляних призм-перемичок мають проводитись не раніше, ніж через 4–6 місяців після ремонту основних ділянок. Цей термін зумовлюється часом природного ущільнення ґрунту, що дає можливість виконувати роботи без деформації трубопроводу. Під час роботи у зонах утримання трубопроводу баластувальними обтяжувачами схема демонтажу-монтажу обтяжувачів розраховується окремо для кожного випадку.

Попередньо місця розташування земляних призм-перемичок рекомендується визначати у відповідності з цим розрахунком [4]. При цьому потрібно відрізнити середні та крайні прогони.

Крайнім вважається прогін, що примикає до нерухомої опори. Довжина крайніх прогонів не повинна перевищувати 80% від довжини середніх.

Відстань між проміжними земляними перемичками визначається із розрахунку трубопроводу як нерозрізної багатопрогоної балки, навантаженої рівномірно-розподіленим навантаженням. Для будь-якого середнього прогону повинні одночасно виконуватись дві умови: міцності та допустимого провису.

Умова міцності: напруження вигину від ваги трубопроводу не повинні перевищувати допустимих напружень як при роботі, так і при випробуваннях

$$l_{cp} = \sqrt{\frac{12W[\sigma]\varphi_W}{q}}, \quad (1)$$

де $[\sigma]$ — допустиме напруження від ваги трубопроводу; q — розрахункове погонне навантаження від власної ваги трубопроводу в робочому стані чи в стані випробувань; φ_W — коефіцієнт зни-

ження міцності поперечного зварного з'єднання на вигин; W — момент опору перерізу труби

$$W = \frac{\pi}{4}(D-s)^2 \cdot s. \quad (2)$$

У робочому стані допустиме напруження складає

$$\sigma = 1,1[\sigma] - \frac{P_{роб}(D-2s)^2}{4(D-s)s\varphi}. \quad (3)$$

А при випробуваннях

$$\sigma = 1,5[\sigma] - \frac{P_{вип}(D-2s)^2}{4(D-s)s\varphi}. \quad (4)$$

Таким чином, при розрахунку за формулою (1) отримуємо два значення l_{cp} для робочого стану та для стану випробувань.

Для визначення допустимого прогону l_{cp} за умовою обмеження провису $\Delta_{max} \leq 0,02D_N$, яке може привести до створення «мішків» при застиганні трубопроводу (рисунк 2), працює система рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{q}{24El}(l_{cp}^2x^2 - 2l_{cp}x^3 + x^4) - ix = 0,02D_N \\ \frac{q}{24El}(2l_{cp}^2x - 6l_{cp}x^2 + 4x^3) - i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Із двох значень l_{cp} , отриманих за умовами міцності (в робочому стані та при випробуванні), та допустимого провису, вибирається найменше.

Найважливішим у згаданих технології є відповідність чинним нормативним актам у частині безпеки виконання робіт. Це стало можливим завдяки розробці технології та вітчизняного обладнання, а також новим матеріалам для ремонту ізоляційного покриття. Особливістю є застосування обладнання, яке не створює механічного навантаження на поверхню трубопроводу і не має механічного контакту робочих інструментів під час очищення, підготування поверхні й ізолювання труб.

Література

1. Технічна діагностика трубопроводних систем / [В. Я. Грудз, Я. В. Грудз, В. В. Костів та ін.]. Івано-Франківськ: Лілея-НВ. 2012. 511 с.
2. Грудз В. Я. Обслуговування і ремонт газопроводів / В. Я. Грудз, Д. Ф. Тимків, В. Б. Михалків та ін. Івано-Франківськ: Лілея-НВ. 2009. 711 с.
3. Фейчук В. В. Ремонт трубопроводів без зупинки перекачування / В. В. Фейчук, Я. В. Дорошенко // Обслуговування і ремонт газопроводів / Грудз В. Я., Тимків Д. Ф., Михалків В. Б., Костів В. В. Івано-Франківськ: Лілея, 2009. 750 с.
4. Стасюк Р. Б., Дрін Н. Я. Дослідження процесу витікання газу під тиском при нестационарному процесі переміщення його в трубопроводі. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2021. № 7. С. 42–50.
5. Emergency situations impact on transient processes behavior in gas networks / R. B. Stasiuk, V. B. Zapukhlyak, O. V. Ivanov, N. Ya. Drin // Journal of hydrocarbon power engineering. 2021. № 1(8).

УДК 538.9:536.6

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, професор
Кафедра фізики і математики
Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Physics and Mathematics
V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Прокопов Віктор Григорович

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Полозенко Ніна Петрівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Polozenko Nina

Candidate of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Кутняк Ольга Миколаївна

науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Kutnyak Olha

Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Альошко Сергій Олександрович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Aleshko Serhii

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Пархоменко Олександр Юрійович

кандидат фізико-математичних наук,

доцент кафедри фізики і математики

Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського

Parkhomenko Oleksandr

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics

V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8045

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ГУСТИНИ НАНОКОМПОЗИТІВ ВІД ТРИВАЛОСТІ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ У РОЗПЛАВІ ПОЛІМЕРУ

STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE NANOCOMPOSITES DENSITY ON THE MIXING DURATION OF THE COMPONENTS IN THE POLYMER MELT

Анотація. Виконано експериментальні дослідження густини полімерних наноккомпозитів, отриманих методом змішування компонентів розплаву полімеру з використанням спеціального дискового екструдера. Проведено аналіз впливу тривалості змішування на особливості зміни густини одержуваних наноккомпозиційних матеріалів при різних значеннях їхньої температури.

Ключові слова: полімерні наноккомпозити, вуглецеві нанотрубки, густина композиту, екструдер, тривалість змішування.

Summary. Experimental studies of the polymer nanocomposites density obtained by mixing the components of a polymer melt using a special disk extruder have been carried out. An analysis of the effect of mixing duration on the features of changes in the density of the obtained nanocomposite materials at different temperatures was carried out.

Key words: polymer nanocomposites, carbon nanotubes, composite density, extruder, mixing duration.

Вступ. При створенні полімерних композиційних матеріалів із заданим поєднанням властивостей паралельно вирішуються питання вибору як компонентів нанокompозитів, так і технології їх отримання, тобто вибору матеріалу матриці, типу та концентрації наповнювача, а також методу отримання композиту (див., наприклад, [1–14]). В даній статті розглядається одержання полімерних нанокompозиційних матеріалів на основі пропілену, наповненого вуглецевими нанотрубками, з використанням методу змішування компонентів у розплаві полімеру.

Мета даної роботи полягає у дослідженні впливу тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру на величину густини нанокompозиту при різних значеннях його температури.

Метод дослідження. Для отримання полімерних нанокompозиційних матеріалів використовувався метод, що базується на змішуванні компонентів розплаву полімеру із застосуванням спеціального дискового екструдера. Принципову схему екструдера наведено на рис. 1.

Порошкоподібна суміш компонентів 3 поміщається в прес-форму 1 і нагрівається за допомогою електронагрівача 2 до температури, що перевищує температуру плавлення полімеру на певну задану величину. Змішування компонентів композиту здійснюється з використанням металевого поршня 4, що обертається, який в процесі роботи поступово занурюється в розплав полімеру. Після закінчення заданого часу змішування нанокompозиційний матеріал видаляється з прес-форм через отвір 5.

Завершення процесу отримання полімерних композитів здійснюється із застосуванням методу гарячого пресування у спеціальній установці. В ній композит нагрівається до температури, що

перевищує на 20 °С температуру плавлення полімеру, і витримується за даної температури протягом 15–20 хв. Потім виконується пресування одержаних зразків, яким надається задана форма.

У процесі експериментальних досліджень визначалася величина густини полімерних нанокompозитів при різних значеннях їхньої температури та тривалості процесу змішування компонентів у розплаві. Для знаходження густини досліджуваних матеріалів використовувався метод гідростатичного зважування.

Результати та дослідження. Експериментальні дослідження щодо визначення впливу тривалості змішування τ на густину нанокompозиційних матеріалів проводилися для композитів з поліпропіленовою матрицею та наповнювачем у вигляді вуглецевих нанотрубок. При цьому час змішування компонентів у розплаві полімеру змінювався від 5 до 52 хвилин, а температура полімерного нанокompозиту варіювалася від 390 К до 445 К. Характерні результати досліджень наведено у таблиці.

Як показав аналіз отриманих даних, зі збільшенням температури композиту його густина зменшується, причому в діапазоні T , що розглядається, швидкість зниження густини тим більше, чим вище температура. Так, для $T = 390$ К та $\tau = 52$ хв при збільшенні температури на один градус густина нанокompозитів знижується на 0,74 кг/м³, а для $T = 440$ К — на 4,3 кг/м³, тобто темп зниження густини зріс майже в шість разів. Зазначений характер зміни густини нанокompозитів зі зростанням температури типовий для всіх значень швидкості змішування компонент у розплаві полімеру.

Щодо залежності густини нанокompозиту від тривалості змішування, то тут звертають увагу на такі особливості. В цілому, зі збільшенням часу змішування τ густина нанокompозитів зростає, проте швидкість цього зростання суттєво різна на різних часових інтервалах. Так, при зміні від 5 до 20 хвилин має місце поступове зростання густини нанокompозиту із середньою швидкістю 1,7 кг/м³ за кожну хвилину змішування. При збільшенні часу змішування від 20 до 27 хвилин спостерігається максимальна швидкість зростання густини (5,7 кг/м³ за хвилину). Однак при подальшому збільшенні тривалості змішування (від 27 до 52 хвилин) швидкість зміни густини різко знижується і виявляється в десятки разів нижче, ніж на попередньому інтервалі часу (наприклад, для $T = 400$ К — у 38 разів). При цьому величина густини змінюється незначно, лише на 0,4%. Це свідчить про те, що для досліджуваних умов величина часу змішування $\tau = 27$ хвилин є граничним раціональним значенням цього параметра, що дозволяє уникнути невиправданих додаткових енерговитрат.

Висновки. Проведено дослідження впливу тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру на густину нанокompозиційних матеріалів для різних значень температури композиту.

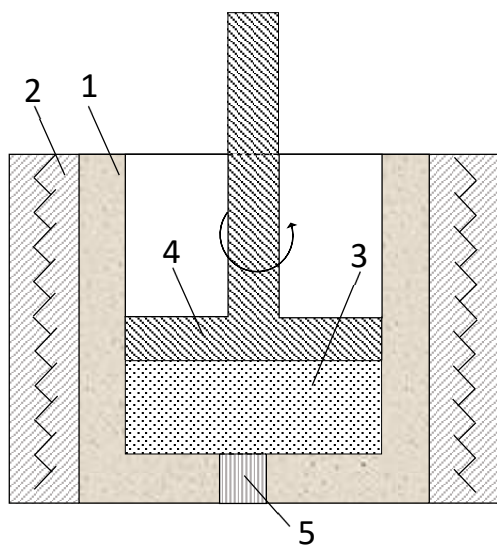


Рис. 1. Принципова схема дискового екструдера:

- 1 — циліндрична прес-форма; 2 — електронагрівач;
- 3 — порошкоподібний композит; 4 — поршень, що обертається; 5 — отвір для видалення нанокompозитного матеріалу

Таблиця 1

Температурна залежність густини нанокompозиту ρ кг/м³ при масовій частці наповнювача $\omega = 0,3\%$ для різних значень часу змішування τ

τ , хв	T, К								
	390	400	410	420	425	430	435	440	445
52	934,92	927,54	918,82	907,24	901,26	886,82	866,77	854,03	832,69
27	931,13	923,76	915,04	903,46	897,48	883,04	862,99	850,24	828,91
20	891,14	883,76	875,04	863,46	857,48	843,04	822,99	810,25	788,91
16	884,91	877,52	868,81	857,23	851,25	836,8	816,76	804,01	782,67
10	880,96	873,58	864,86	853,28	847,3	832,86	812,81	800,07	778,73
5	865,96	858,92	850,2	838,62	832,64	818,19	798,15	785,41	764,07

Виявлені характерні закономірності зміни густини нанокompозитів зі збільшенням часу змішування можуть бути джерелом інформації, необхідної

для визначення раціональних значень режимних параметрів розроблюваної технології, які впливають на її енергетичні характеристики.

Література

1. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. А. Влияние типа полимерной матрицы на теплофизические свойства и структурообразование полимерных нанокompозитов. Технологические системы. 2016. № 3(76). С. 49–60.
2. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. А. Температурные зависимости коэффициентов теплопроводности полимерных микро- и нанокompозитов для теплообменных аппаратов. Промышленная теплотехника. 2016. № 1. С. 5–14.
3. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. А. Теплофизические характеристики высокотеплопроводных полимерных микро- и нанокompозитов. Промышленная теплотехника. 2015. № 5. С. 5–15.
4. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Прокопов В. Г., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О., Навродська Р. О. Теплофізичні властивості і структуроутворення полімерних мікро- і нанокompозиційних матеріалів. Миколаїв: СПД Румянцева Г. В., 2020. 142 с.
5. Дінжос Р. В., Лисенков Е. А., Фіалко Н. М. Вплив технології виготовлення та типу наповнювача на теплофізичні властивості нанокompозиту на основі поліпропілену. Вопросы химии и химической технологии. 2015. 5. С. 56–61.
6. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Дінжос Р. В., Шевчук С. І., Меранова Н. О., Гнедаш Г. О. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокompозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Миколаїв: СПД Румянцева Г. В., 2020. 128 с.
7. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Дінжос Р. В., Меранова Н. О., Шевчук С. І. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокompозитів для теплообмінних апаратів газо-газового типу. Промышленная теплотехника. 2017. № 5. С. 12–18.
8. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В. Теплофизические основы создания полимерных микро- и нанокompозитов для элементов энергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2015. № 7. С. 172–176.
9. Дінжос Р. В., Лисенков Е. А., Фіалко Н. М., Клепко В. В. Вплив методу введення наповнювача на теплофізичні властивості систем на основі термопластичних полімерів та вуглецевих нанотрубок. Фізика інженерії поверхні. 2014. Т. 12. № 4. С. 446–453.
10. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. А. Влияние методов получения полимерных микро- и нанокompозитов на их теплофизические свойства. Промышленная теплотехника. 2015. № 4. С. 5–12.
11. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. А. Полимерные микро- и нанокompозиты как объекты теплофизических исследований для элементов теплоэнергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2017. № 2. С. 36–45.
12. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Study of the temperature regime effect of obtaining nanocomposites on their heat-conducting properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 4 № 5 (112). P. 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236915>
13. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. О., Меранова Н. О., Шеренковський Ю. В. Закономірності кристалізації полімерних мікрокомпозиційних матеріалів при різних методах їх отримання. Промышленная теплотехника. 2018. № 2. С. 5–11.
14. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Alosko S., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Mankus I., Nedbaievskia L. Establishment of regularities of influence on the specific heat capacity and temperature conductivity of polymer nanocomposites of a complex of defining parameters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 6 № 12 (114). P. 34–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274>

УДК 538.9:536.6

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, професор
Кафедра фізики і математики
Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Physics and Mathematics
V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Прокопов Віктор Григорович

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Полозенко Ніна Петрівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Polozenko Nina

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Альошко Сергій Олександрович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Aleshko Sergey

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Кутняк Ольга Миколаївна

науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Kutnyak Olha

Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Пархоменко Олександр Юрійович

кандидат фізико-математичних наук,

доцент кафедри фізики і математики

Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського

Parkhomenko Oleksandr

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics

V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8053

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МІКРО- І НАНОКОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ ВІД МАСОВОЇ ЧАСТКИ НАПОВНЮВАЧА

DEPENDENCE OF THE THERMAL CONDUCTIVITY OF POLYMER MICRO- AND NANOCOMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYCARBONATE ON THE MASS FRACTION OF THE FILLER

Анотація. Наведено результати експериментальних досліджень залежності коефіцієнта теплопровідності створених полімерних мікро- і нанокомпозитів на основі полікарбонату, які містять від 0,2 до 10% вуглецевих нанотрубок та мікрочастинок алюмінію.

Ключові слова: полімерні композити, коефіцієнт теплопровідності, вуглецеві нанотрубки, мікрочастинок алюмінію.

Summary. The results of experimental studies of the dependence of the thermal conductivity coefficient of the created polymer micro- and nanocomposites based on polycarbonate containing from 0.2 to 10% carbon nanotubes or aluminum microparticles are presented.

Key words: polymer composites, thermal conductivity, carbon nanotubes, aluminum microparticles.

Вступ. Одним із нових напрямків створення сучасного теплоенергетичного обладнання є використання мікро- та нанокомпозитів різного призначення. Серед них особливо виділяються полімерні композити, що мають цілу низку унікальних властивостей [1–15].

Дана стаття присвячена різним аспектам розробки мікро- та нанокомпозиційних полімерних матеріалів, призначених для виготовлення теплообмінних поверхонь. При цьому особлива увага приділяється дослідженню теплопровідних властивостей цих матеріалів.

Постановка задачі та методика дослідження. До матеріалів для теплообмінних поверхонь, як відомо, пред'являється ряд вимог, що стосуються їх теплофізичних властивостей, діапазону робочих температур, технологічних характеристик та ін. Що стосується теплофізичних властивостей, то в першу чергу йдеться про коефіцієнт теплопровідності матеріалів. Значення останнього з метою забезпечення низького термічного опору стін теплообмінників, як правило, не повинно бути менше 20 Вт/м·К.

При цьому розглядаються можливості розробки таких композитів на основі частково-кристалічного полікарбонату з використанням як наповнювач вуглецевих нанотрубок (ВНТ), так і мікрочастинок алюмінію. Вуглецеві нанотрубки, що застосовуються в ході досліджень, виготовлялися методом CVD (Chemical vapor deposition — хімічне парофазне осадження). Вміст мінеральних домішок у яких становило ~ 0,1%. Питома площа поверхні ВНТ, визначена адсорбцією N_2 , дорівнювала 190 м²/г. Зовнішній діаметр ВНТ, знайдений за допомогою методу малокутового розсіювання рентгенівських променів, становив 20 нм, довжина — (1...5) мкм, товщина стін ~ 5 нм. Виробник вуглецевих трубок — ТОВ «Спецмаш».

Використовувані як наповнювач мікрочастинок алюмінію були отримані з алюмінієвої тирси за

допомогою їх розтирання в кульовому млині до утворення частинок розміром (0,5...1) мкм.

З метою розробки полімерних композитів для виготовлення теплообмінних поверхонь було проведено комплекс експериментальних досліджень їх теплопровідних властивостей при варіюванні масової частки наповнювача від 0,2 до 10%. Зразки для дослідження готувалися методом гарячого пресування композиту, отриманої в результаті змішування в магнітній мішалці її компонентів, що знаходяться в порошковому стані. Коефіцієнт теплопровідності полімерних композитів визначався з використанням приладу ІТ-λ-400.

Результати досліджень та їх аналіз. Характерні результати експериментальних досліджень поведінки коефіцієнта теплопровідності полімерних композитів на основі полікарбонату в залежності від масової частки наповнювачів ω (ВНТ та алюмінію) представлені на рис. 1. Як видно з рис. 1, б), у разі обох композитів спостерігається тенденція до зростання величини коефіцієнта теплопровідності λ з зростанням вмісту наповнювачів. При цьому особливо звертає увагу наявність ефектів різкої зміни λ при певних значеннях частки наповнювачів ω. Так, для полімерного нанокомпозиту, наповненого вуглецевими нанотрубками, різка зміна величини має місце при масовій частці ВНТ рівній 0,5 і 4%. А для мікрокомпозиту, наповненого алюмінієм, така різка зміна відповідає значенню ω = 1,05 та 4%.

Описана картина зміни коефіцієнта теплопровідності залежно від вмісту наповнювачів може інтерпретуватися у межах теорії перколяції. Відповідно до цієї теорії при моделюванні наповнених полімерів приймаються такі основні положення:

- наповнювачі в полімерному композиті розташовуються певним чином, що призводить до зміни геометричної структури полімеру;
- нелінійна зміна коефіцієнта теплопровідності полімерних композитів (різкий стрибок)

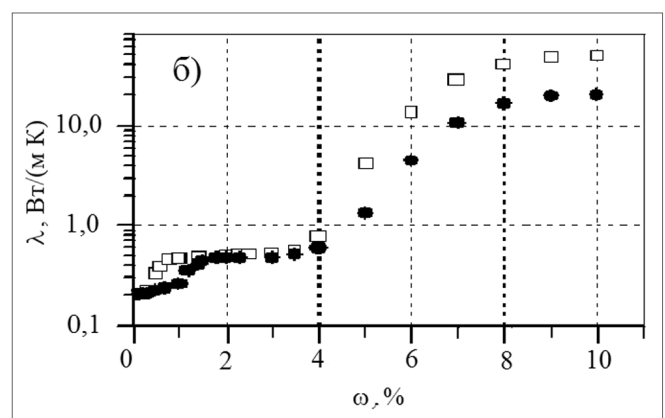
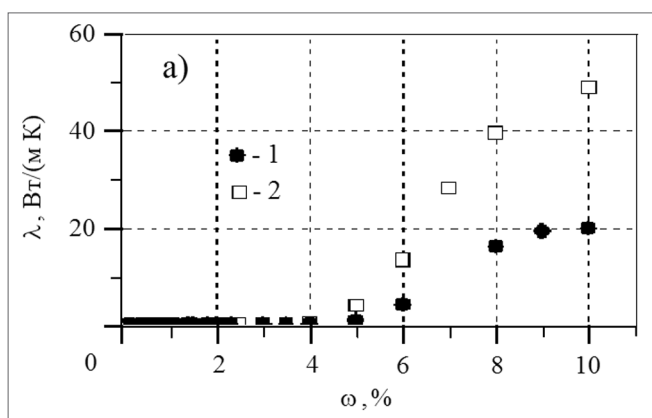


Рис. 1. Залежність коефіцієнта теплопровідності полімерних композиційних матеріалів на основі полікарбонату від наповнювачів:

1 — вуглецеві нанотрубки, 2 — мікрочастинок алюмінію; (а), (б) — лінійна та логарифмічна шкала по осі ординат відповідно

- відбувається за певної критичної концентрації наповнювача, так званої порогом перколяції;
- поріг перколяції та значення коефіцієнта теплопровідності композитів пов'язані з розміром та формою частинок;
 - у композиті може утворюватися повністю безперервна фаза частинок наповнювача (перколяційний кластер).

Відповідно до зазначених положень виявлені в експерименті два стрибки коефіцієнта теплопровідності на кривій $\lambda = f(\omega)$ можуть бути пояснені наступним чином. При рівнях концентрації наповнювача, менших за перший поріг перколяції ($\omega = 0,5$ для вуглецевих нанотрубок, і $\omega = 1,05$ для алюмінію),

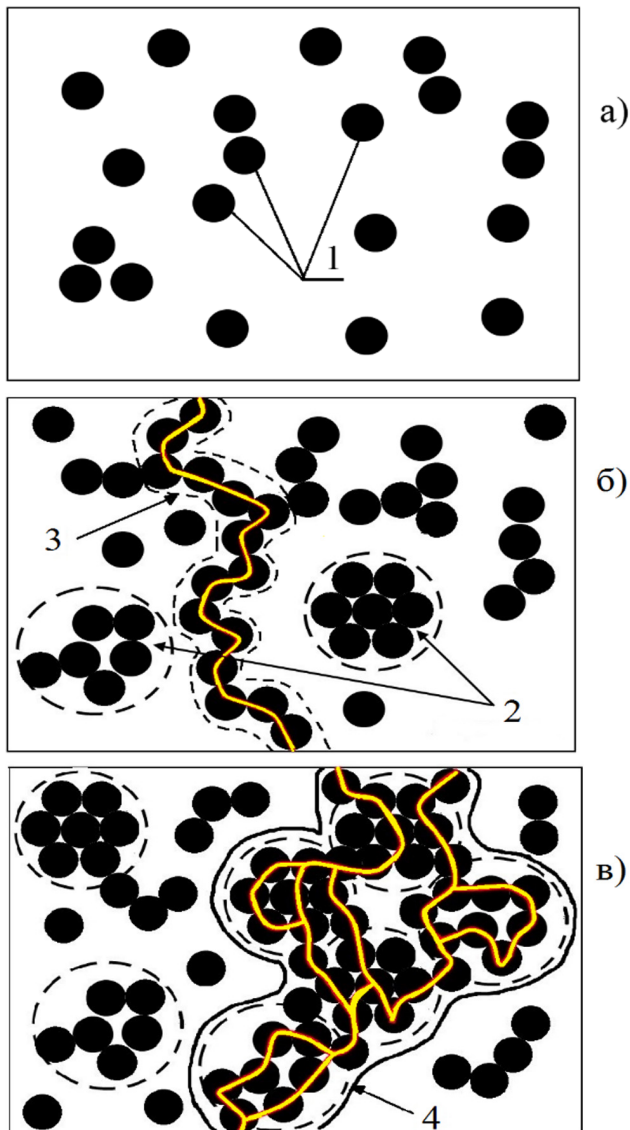


Рис. 2. Схема розташування в полімерній матриці частинок наповнювача за його різної концентрації: а) нижче першого порога перколяції; б), в) поблизу першого та другого порогів перколяції відповідно;

- 1 — частинки наповнювача; 2 — агрегати;
- 3 — безперервний перколяційний кластер;
- 4 — безперервна перколяційна сітка

частинки наповнювача порівняно рівномірно розподіляються в полімерній матриці за відсутності контакту між ними (див. рис. 2, а)). З огляду на це коефіцієнт теплопровідності композитів у даному діапазоні вмісту наповнювачів змінюється дуже незначно. Після досягнення зазначеного першого порога перколяції частинки наповнювача, контактуючи між собою, утворюють безперервний перколяційний кластер (рис. 2, б)). І в ситуації, що розглядається значення коефіцієнта теплопровідності наповнювачів істотно перевищують відповідні значення для полімерної матриці, утворення такого кластера призводить до різкого зростання коефіцієнта теплопровідності композиту в цілому. Тобто перколяційні кластери грають роль своєрідних теплопровідних каналів, відповідальних за описаний вище ефект стрибкоподібного підвищення величини λ .

В області концентрацій наповнювача, близьких до першого порога перколяції, поряд із зазначеними безперервними перколяційними кластерами утворюються також агрегати частинок наповнювача (рис. 2, б)). У міру підвищення концентрації наповнювачів кількість таких агрегатів зростає, тому при наближенні до другого перколяційного порогу вони утворюють так звану перколяційну сітку (рис. 2, в)). Наявність останньої зумовлює різке підвищення коефіцієнта теплопровідності полімерного композиту.

З даних, наведених на рис. 1, а), випливає, що застосування наповнювача з вуглецевих нанотрубок і мікронаповнювача з алюмінію дозволяє отримати полімерні композиційні матеріали з необхідними для виготовлення теплообмінних апаратів значеннями коефіцієнта теплопровідності ($\lambda \geq 20$ Вт/м·К) при відносно невеликому вмісті наповнювача. Так, значення $\lambda = 20$ Вт/м·К у разі наповнювача з вуглецевих нанотрубок досягається при їх вмісті рівному 6,44%, а для наповнювача з алюмінію — приблизно 10%.

Важливо підкреслити, що в ситуаціях, коли не використовуються нано- та мікронаповнювачі, відповідні полімерні композити повинні містити значно більшу кількість наповнювача.

Висновки. Отримано експериментальні залежності коефіцієнта теплопровідності λ досліджуваних композитів від масової частки ω наповнювача ($0,2 \leq \omega \leq 10\%$). Виявлено ефект різкої зміни коефіцієнта теплопровідності матеріалів при певних критичних значеннях вмісту наповнювача. Дана інтерпретація цього ефекту на основі теорії перколяції. При цьому стрибок λ , що відповідає відносно низькій частці наповнювача, пояснюється утворенням безперервного перколяційного кластера з частинок наповнювача, стрибок, що відповідає його високій частці, — формуванням перколяційної сітки таких частинок. Встановлено можливість отримання мікро- та нанокомпозитів із відносно високими теплоізоляційними властивостями при порівняно невеликому вмісті наповнювачів (до 10%).

Література

1. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Прокопов В. Г., Шеренковський Ю. В., Мєранова Н. О., Навродська Р. О. Теплофізичні властивості і структуроутворення полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів. Миколаїв: СПД Румянцева Г. В., 2020. 142 с.
2. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Динжос Р. В., Навродская Р. А. Теплофизические характеристики высокотеплопроводных полимерных микро- и нанокомпозигов. Промышленная теплотехника. 2015. № 5. С. 5–15.
3. Фіалко Н. М., Динжос Р. В., Навродская Р. А. Влияние типа полимерной матрицы на теплофизические свойства и структурообразование полимерных нанокомпозигов. Технологические системы. 2016. № 3(76). С. 49–60.
4. Дінжос Р. В., Лисенков Е. А., Фіалко Н. М. Вплив технології виготовлення та типу наповнювача на теплофізичні властивості нанокомпозиту на основі поліпропілену. Вопросы химии и химической технологии. 2015. 5. С. 56–61.
5. Дінжос Р. В., Лисенков Е. А., Фіалко Н. М., Клепко В. В. Вплив методу введення наповнювача на теплофізичні властивості систем на основі термопластичних полімерів та вуглецевих нанотрубок. Фізика інженерії поверхні. 2014. Т. 12. № 4. С. 446–453.
6. Фіалко Н. М., Динжос Р. В., Навродская Р. А. Полимерные микро- и нанокомпозигов как объекты теплофизических исследований для элементов теплоэнергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2017. № 2. С. 36–45.
7. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Динжос Р. В., Навродская Р. А. Температурные зависимости коэффициентов теплопроводности полимерных микро- и нанокомпозигов для теплообменных аппаратов. Промышленная теплотехника. 2016. № 1. С. 5–14.
8. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Дінжос Р. В., Шевчук С. І., Мєранова Н. О., Гнедаш Г. О. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Миколаїв: СПД Румянцева Г. В., 2020. 128 с.
9. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Дінжос Р. В., Мєранова Н. О., Шевчук С. І. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних апаратів газо-газового типу. Промышленная теплотехника. 2017. № 5. С. 12–18.
10. Фіалко Н. М., Динжос Р. В. Теплофизические основы создания полимерных микро- и нанокомпозигов для элементов энергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2015. № 7. С. 172–176.
11. Долинский А. А., Фіалко Н. М., Динжос Р. В., Навродская Р. А. Влияние методов получения полимерных микро- и нанокомпозигов на их теплофизические свойства. Промышленная теплотехника. 2015. № 4. С. 5–12.
12. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Study of the temperature regime effect of obtaining nanocomposites on their heat-conducting properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4 № 5 (112). P. 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236915>.
13. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Навродська Р. О., Мєранова Н. О., Шеренковський Ю. В. Закономірності кристалізації полімерних мікрокомпозиційних матеріалів при різних методах їх отримання. Промышленная теплотехника. 2018. № 2. С. 5–11.
14. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Alosko S., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Mankus I., Nedbaievskia L. Establishment of regularities of influence on the specific heat capacity and temperature conductivity of polymer nanocomposites of a complex of defining parameters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 6 № 12 (114). P. 34–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274>

УДК 662.614.2:504.064.4

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of NAS of Ukraine, Department Head
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Пресіч Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Presich Georgii

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Гнедаш Георгій Олександрович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Gniedash Georgii

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Шевчук Світлана Іванівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Shevchuk Svitlana

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8064

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЇ
СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДІГРІВАННЯ І ЗВОЛОЖЕННЯ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ
ГАЗОСПОЖИВАЛЬНИХ КОТЛОАГРЕГАТІВ**

**IMPROVEMENT OF THE COMPLEX HEAT-RECOVERY SYSTEM
FOR HEATING AND HUMIDIFYING THE COMBUSTION AIR
OF GAS-FIRED BOILER UNITS**

Анотація. Розглянуто особливості послідовного удосконалення комплексної системи утилізації теплоти відхідних газів котлоагрегатів, яка призначена для підігрівання і зволоження дуттьового повітря. За результатами виконаних розрахункових досліджень обрано найбільш енергоефективне рішення теплоутилізаційної схеми.

Ключові слова: димові гази, шкідливі викиди, оксиди азоту, витрата палива, теплоутилізатор.

Summary. The features of the consistent improvement of the complex system for recovering heat of the exhaust-gases of boiler units, designed for heating and humidifying the combustion air, are considered. Based on the results of the performed computational studies, the most energy-efficient solution of the heat-recovery scheme was chosen.

Key words: exhaust-gases, harmful emissions, nitrogen oxides, fuel consumption, heat-recovery exchanger.

Ощадне використання природного газу та поліпшення екологічної ситуації є пріоритетними проблемами в світовій енергетичній сфері і зокрема в Україні. Одним із напрямів вирішення зазначених проблем в комунальній теплоенергетиці є застосування в газоспоживальних котельнях теплоутилізаційного обладнання [1–15] для підігрівання дуттьового повітря котлоагрегатів з одночасним його зволоженням за рахунок використання теплоти відхідних димових газів котлоагрегатів. Для реалізації зазначеного процесу існують відомі теплоутилізаційні системи (рис. 1 а), які містять контактний водопідігрівач КВ (власне теплоутилізатор), контактний повітропідігрівач КП та контур проміжного теплоносія (води) з водоводяним теплообмінником ВТЗ від зовнішнього споживача. В КП відбувається не тільки підігрівання, а і зволоження дуттьового повітря, завдяки чому зменшується витрата палива з відповідним скороченням викидів діоксиду вуглецю, а головне — значно скорочується

ся утворення оксидів азоту в топці котлоагрегату і зменшується їх вміст у відхідних димових газах. Поряд з позитивними якостями такі системи мають суттєві недоліки — значні габарити протитокових контактних апаратів у висоту і низька температура підігрівання повітря, а відповідно — низький ступінь його зволоження.

Очевидним є той факт, що при розробленні нового ефективного устаткування особливу увагу треба приділити створенню компактних комбінованих теплоутилізаторів на основі малогабаритних теплообмінників агрегованих в одному корпусі.

Застосування таких теплоутилізаційних агрегатів забезпечуватиме у порівнянні з традиційним (неагрегованим) обладнанням наступні переваги:

- зменшення необхідної для розміщення установки вільної площі котельні;
- збільшення теплової ефективності теплоутилізаційної установки завдяки зменшенню теплових втрат, що обумовлено меншою зовнішньою площею;

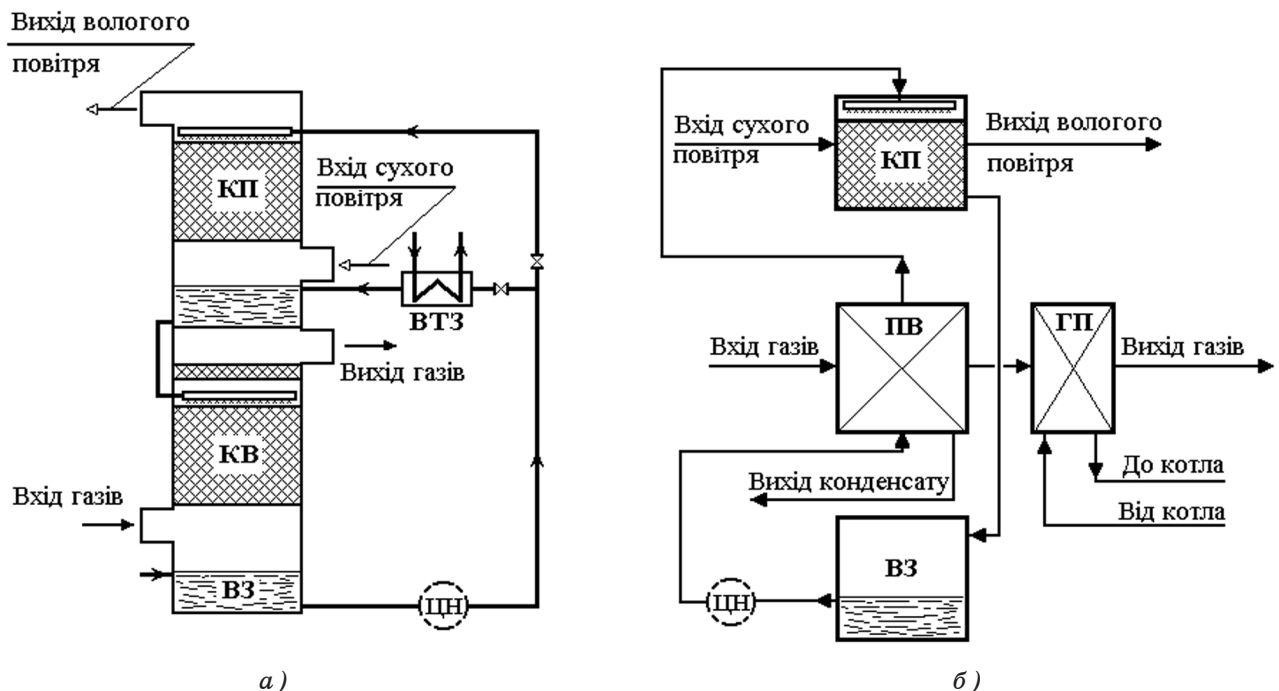


Рис. 1. Принципова схема комбінованої теплоутилізаційної системи для підігрівання та зволоження дуттьового повітря: а — контактно-контактного типу; б — контактно-поверхневого типу;

КП — контактний повітропідігрівач; КВ — контактний водопідігрівач (теплоутилізатор); ВЗ — водозбірник; ВТЗ — водоводяний теплообмінник зовнішнього споживача; ЦН — циркуляційний насос; ГП — газопідігрівач

- зменшення енергетичних витрат на переміщення теплоносіїв внаслідок зменшення аеродинамічного і гідравлічного опорів завдяки скороченню протяжності комунікацій між елементами системи, а в деяких випадках — їх повному усуненню;
- зменшення металомісткості установки, а відтак і її вартості при виробництві.

Першим базовим заходом з удосконалення теплоутилізаційної системи (рис. 1а), що розглядається, було зняття обмеження по температурі води на виході з теплоутилізатора КВ шляхом виконання його поверхневим ПВ (рис. 1 б). Крім того, для запобігання конденсації вологи з охолоджених димових газів при подальшому переміщенні їх в газовідвідному тракті котельної установки на виході з теплоутилізатора розміщено поверхневий теплообмінник — газопідігрівач ГП, який підключено до контура теплоносія, що нагрівається в котлоагрегаті.

На другому етапі удосконалення (рис. 2) у модифікованих удосконалених схемах у порівнянні з базовою (рис. 1. б) застосовано поверхневий водогрівач ВД, повітронагрівач ПН та повітродогрівач ПД, що дозволяє підвищити температуру повітря перед входом в контактний апарат і температуру води, яка надходить до газопідігрівача.

Це зумовлює збільшення теплопродуктивності контактного апарата і підвищення екологічної ефективності котельної установки за рахунок зменшення утворення оксидів азоту в топковому просторі котлоагрегата.

Завдяки наявності додаткового циркуляційного контура з відповідними елементами збільшується

споживання системою теплової енергії на власні потреби і підвищується теплова ефективність всієї теплоутилізаційної системи. Також завдяки підвищенню температури води перед газопідігрівачем, є можливість забезпечення роботи системи без споживання теплової енергії від зовнішнього джерела на підсушування охолоджених газів і нагрітого повітря.

Другий варіант принципової схеми (рис. 2) відрізняється від першого тим, що вода після повітронагрівача ПН надходить не у водозбірник ВЗ, а разом із водою після поверхневого водонагрівача ПВ подається у контактний повітропідігрівач КП.

З метою визначення оптимального схемного і конструктивного рішення (рис. 2) при вдосконаленні теплоутилізаційної системи були проведені розрахункові дослідження її теплової ефективності в залежності від геометричних розмірів складових частин та їхнього компонування за використанням утилізованої теплоти.

Слід зазначити, що зміна геометричних характеристик кожного структурного елемента системи суттєво впливає на параметри призначення інших. З метою визначення найбільш раціонального конструкційного рішення теплоутилізаційної системи була виконана серія відповідних теплових розрахунків.

Зіставлення отриманих даних показало, що за величиною приросту коефіцієнта використання теплоти палива найбільш ефективним із розглянутих схемних рішень є другий варіант (рис. 2 б). В табл. 1 для даного варіанту наведено результати

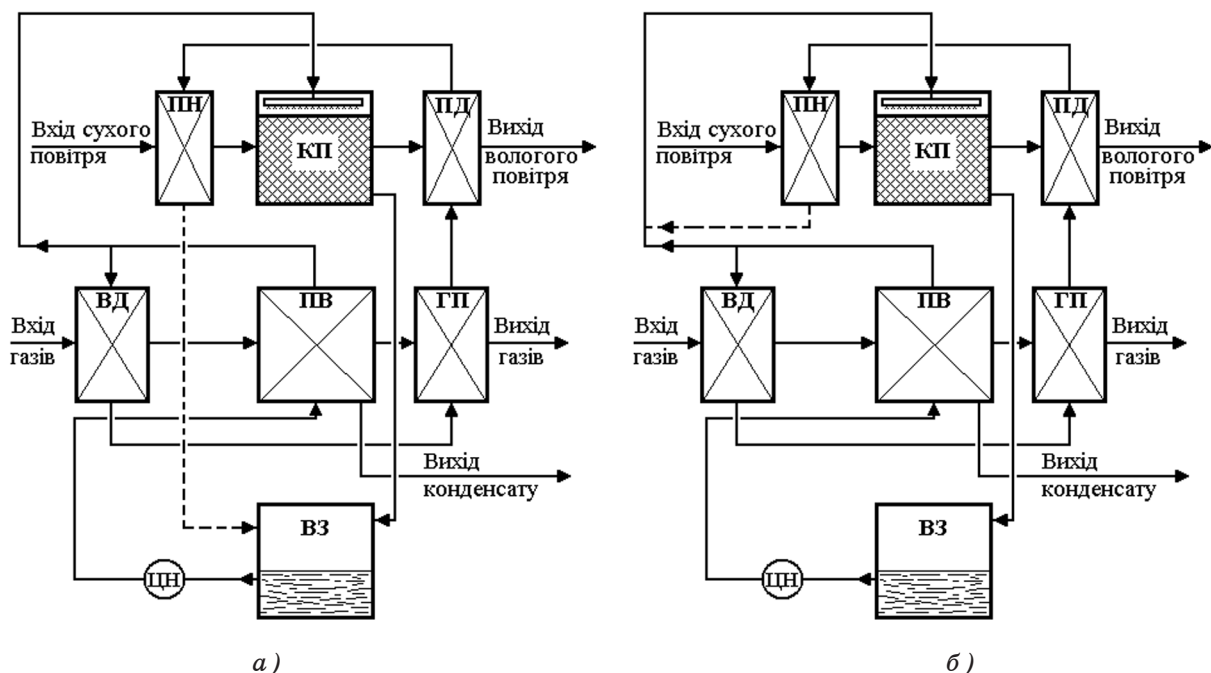


Рис. 2. Вдосконалені принципові схеми комбінованої теплоутилізаційної системи для нагрівання та зволоження дуттьового повітря: а — перший варіант; б — другий варіант; ПН — повітронагрівач; КП — контактний підігрівач (зволожувач повітря); ПД — повітродогрівач; ВД — водогрівач; ПВ — поверхневий водопідігрівач; ГП — газопідігрівач; ВЗ — водозбірник; ЦН — циркуляційний насос

Таблиця 1

**Основні результати теплового розрахунку комбінованої теплоутилізаційної системи
для нагрівання та зволоження дуттьового повітря**

Найменування параметра	Позначення	Розмірність	Тепло-генеруюча частина		Тепловикористовуюча частина			
			ВД	ПВ	ГП	ПН	КП	ПД
Теплопродуктивність	Q	кВт	25,8	69	7,3	8,9	68,9	8,3
Витрата води	G_v	кг/с	0,2	0,9	0,2	0,2	0,9	0,2
Температура води на вході	t_{ex}^e	°C	56,2	38,1	87,0	68,2	56,5	78,2
Температура води на виході	t_{vux}^e	°C	87,0	56,2	78,2	57,4	38,1	68,2
Витрата газів (повітря)	$G_g (G_n)$	кг/с	0,51	0,51	0,51	0,49	0,49	0,49
Температура газів (повітря) на вході	$t_{ex}^n (t_{ex}^n)$	°C	180	133	57	10	28	42
Температура газів (повітря) на виході	$t_{vux}^e (t_{vux}^n)$	°C	133	57	70	28	42	58
Вологовміст на вході	X_{ex}	кг/кг с.г.	0,151	0,151	0,124	0,005	0,005	0,054
Вологовміст на виході	X_{vux}	кг/кг с.г.	0,151	0,124	0,124	0,005	0,054	0,054
Площа поверхні нагрівання	F	м ²	14,2	36,2	17,7	8,3	–	20,5

теплового розрахунку досліджуваної комбінованої теплоутилізаційної системи.

За результатами виконаних досліджень розроблено та впроваджено комбіновану теплоутилізаційну установку для підігрівання та зволоження дуттьового повітря в котельні Філіалу «Житло-теплоенерго Київенерго» за котлом Е-1,0–9Гн-2. Дані пуско-налагоджувальних випробувань цієї установки свідчать про те, що її застосування забезпечує підвищення коефіцієнта використання теплоти палива на 13,9% і зменшення викидів оксидів азоту на 40–50%.

Висновок. На основі проведених розрахункових досліджень різних модифікацій теплоутилізаційних систем для підігрівання і зволоження дуттьового повітря розроблено та теплофізично обґрунтовано нове технічне рішення удосконаленої комбінованої поверхнево-контактної теплоутилізаційної системи для газоспоживальних котлоагрегатів комунальної теплоенергетики. Результати розрахункових досліджень підтверджуються даними теплотехнічних випробувань впровадженого в діючій котельні розробленого теплоутилізаційного обладнання.

Література

1. Fialko N. M., Navrodska R. O., Gnedash G. O., Presich G. O., Shevchuk S. I. Study of Heat Recovery Systems for Heating and Moisturing Combustion Air of Boiler Units. *Nauka innov.* 2020. V. 16, No. 2. P. 47–53. doi: <https://doi.org/10.15407/scin16.03.047>
2. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Gnedash G. O., Glushak O. Y. Reduction of moisture content of exhaust gases in condensing heat-recovery exchangers of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU.* 2019. No 29(8). P. 116–119. doi: <https://doi.org/10.36930/40290821>
3. Fialko N. M., Presich G. A., Gnedash G. A., Shevchuk S. I., Dashkovska I. L. Increase the efficiency of complex heatrecovery systems for heating and humidifying of blown air of gasfired boilers. *Industrial Heat Engineering.* 2018. No 40(3). P. 38–45. doi: <https://doi.org/10.31472/ihe.3.2018.06>
4. Fialko N. M., Gnedash G. O., Navrodska R. O., Presich G. O., Shevchuk S. I. Improving the efficiency of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler installations. *Scientific Bulletin of UNFU.* 2019. No 29(6), P. 79–82. doi: <https://doi.org/10.15421/40290616>
5. Fialko N. M., Presich G. A., Navrodska R. A., Gnedash G. A. Improvement of the complex heat-recovery system of exhaust-gases of boilers for heating and humidifying blown air. *Industrial Heat Engineering.* 2011. No 33(5). P. 88–95.
6. Fialko N., Presich G., Navrodska R., Gnedash G. Ecological efficiency of combined heat recovery systems waste of exhaust gases for boiler plant. *Visnyk Natsionalnoho universytetu Lvivska politekhniky. Teoriya i praktyka budivnytstva.* 2013. No 755. P. 429–434. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/22345>
7. Fialko N., Navrodska R., Ulewicz M., Gnedash G., Alioshko S., Shevcuk S. Environmental aspects of heat recovery systems of boiler plants. In *E3S Web of Conferences.* 2019. Vol. 100. P. 00015. EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000015>

8. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Gnedash G. O. The environmental reliability of gas-fired boiler units by applying modern heat-recovery technologies. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2020. No 2. P. 96–100. doi: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/096>
9. Navrodska R., Fialko N., Presich G., Gnedash G., Alioshko S., Shevcuk S. Reducing nitrogen oxide emissions in boilers at moistening of blowing air in heat recovery systems. In *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 100. P. 00055. EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055>
10. Navrodska R. Preventing condensation in the chimney by reducing heat load boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2015. No 25(9). P. 307–312. doi: <https://doi.org/10.15421/40250948>
11. Fialko N. M., Navrodska R. O., Shevchuk S. I., Presich G. A., Gnedash G. A. Heat methods for protecting the gas-escape channels of boiler plants when applying heat-recovery technologies. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2017. No 27 (6). P. 125–130.
12. Fialko N., Navrodska R., Gnedash G., Novakivskii M., Sbrodova G. Use and disposal of acidic water condensate from gas-fired boiler units. *Municipal Economy of Cities*. 2021. No 4 (164). P. 24–30.
13. Фиалко Н. М., Степанова А. И., Навродская Р. А., Новаковский М. А. Анализ эффективности котельной установки с комбинированной теплоутилизационной системой при различных режимах работы котла. *Промышленная теплотехника*. 2017. Т. 39. № 1. С. 33–40.
14. Fialko N. M., Navrodska R. A., Presich G. A., Novakovskiy M. A., Gnedash G. A. Комбинированные теплоутилизационные системы котлов с повышенным влагосодержанием отходящих газов. *Технологические системы*. 2016. № 4. С. 94–103.
15. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Шевчук С. І., Пресіч Г. О. Аналіз ефективності систем захисту газівідвідних трактів котельних установок при застосуванні теплоутилізаційних технологій. *Промышленная теплотехника*. 2016. Вип. 38. С. 47–53.

Савчук Олександр Васильович
аспірант

Національного університету «Острозька академія»

Savchuk Oleksandr

Postgraduate Student of the

National University of Ostroh Academy

ЗАГРОЗА ВИТОКУ КОНФІДЕНЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ БАНКУ З ВРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

THE THREAT OF BANK CONFIDENTIAL INFORMATION LEAK TAKING INTO ACCOUNT OF HUMAN FACTOR

Анотація. У статті представлено опис важливості захисту конфіденційної інформації банківських установ, розглянуто нормативно-правову базу, що регулює поняття конфіденційності, описано відмінності між комерційною таємницею та банківською таємницею. Також описано важливість людського фактору у інформаційній безпеці банківських установ, розглянуто математичну модель, що дозволяє визначити можливість витоку конфіденційної інформації, яка опирається на людські чинники.

Ключові слова: конфіденційна інформація, банківська таємниця, комерційна таємниця, людський фактор, математична модель.

Summary. The article describes the importance of protecting the confidential information of banking institutions, considers the legal framework governing the concept of confidentiality, and describes the differences between trade secrets and banking secrets. The importance of the human factor in the information security of banking institutions is also described, and a mathematical model is considered, which allows determining the possibility of leakage of confidential information based on human factors.

Key words: confidential information, banking secrecy, trade secrecy, human factor, mathematical model.

Постановка проблеми. Зараз відбувається активний розвиток фінансово-кредитної сфери держави. Основною складовою економіки держави є банківська система, і вона повинна бути надійно захищеною. Для її нормального функціонування необхідний високий рівень довіри як юридичних, так і фізичних осіб. Необхідно забезпечити безпеку інформації, яка являє собою комерційну таємницю, зокрема банківську комерційну таємницю. Для цього слід вдосконалювати існуючі організаційні та нормативно-правові документи, що дозволять регулювати інформаційну безпеку. Проте, слід також звернути увагу на психологічні особливості людей, що є головним джерелом порушень конфіденційності цієї інформації. Можливість змодельовати поведінку працівників, коли до них потрапляє конфіденційна інформація, є необхідною процедурою, що дозволить уникнути, або й навіть передбачити подібні інциденти.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання конфіденційної інформації є досить

актуальним та визначається глобальною роллю самої інформації на сучасному етапі соціально-економічного розвитку суспільства, визнанням її як майнової та немайнової цінності для окремої особи, суспільства чи держави в цілому. Інформаційні ресурси є досить цінним товаром на ринку, у тому числі і міжнародному, який можна співставити за економічними показниками із фінансовими, природними та іншими ресурсами. Теоретичним описом понять конфіденційності інформації займалась велика кількість науковців, зокрема з галузей правознавства та кібербезпеки. В основному, ці галузі комбінуються у наукових роботах, так як доцільніше розглядати комплексно. Так, Гоголь Б. пропонує розрізняти поняття конфіденційної інформації та комерційної таємниці [1], Решетілова О. та Граб Т. описують можливості регулювання конфіденційності інформації у трудових відносинах [2], а Табаков В. пропонує математичну модель для врахування людського чинника при побудові систем захисту інформації [3].

Виклад основного матеріалу. Інформація є ключовим фактором розвитку різноманітних сфер діяльності, у тому числі й у банківській сфері. У будь-якого банку вона вважається найбільш цінним ресурсом, оскільки використовується для реалізації певних цілей. Інформація може бути як відкритою, так і закритою. Відкрита інформація знаходиться у вільному доступі, а закрита інформація знаходиться у обмеженому доступі та є конфіденційною.

У статті 21 Закону України «Про інформацію» зазначено, що конфіденційна інформація — це інформація про фізичну особу, а також інформація, доступ до якої обмежено фізичною або юридичною особою, крім суб'єктів владних повноважень [4]. Конфіденційна інформація може поширюватися за бажанням (згодою) відповідної особи у визначеному нею порядку відповідно до передбачених нею умов, а також в інших випадках, визначених законом. Конфіденційна інформація, яку мають у власному розпорядженні банківські установи, складається із комерційної та банківської таємниці. Хоча ці поняття і мають досить значну відмінність, проте їх захист займає пріоритетне місце у банківській діяльності.

Відповідно до статті 505 Цивільного Кодексу України, комерційною таємницею є інформація, яка є секретною в тому розумінні, що вона в цілому чи у певній формі та сукупності її складових є невідомою та не є легкодоступною для осіб, які звичайно мають справу з видом інформації, до якого вона належить, у зв'язку з цим має комерційну цінність та була предметом адекватних існуючим обставинам заходів щодо збереження її секретності, вжитих особою, яка законно контролює цю інформацію. Комерційною інформацією можуть бути відомості технічного, організаційного, комерційного, виробничого та іншого характеру, за винятком тих, які відповідно до закону не можуть бути віднесені до комерційної таємниці [5].

Комерційна таємниця тісно пов'язана із банківською таємницею. Її захист є однією із найважливіших завдань держави, так як фінансова сфера відіграє ключову роль у розвитку економіки. Банківська таємниця також є дотичною до політичних проблем, оскільки останнім часом у державі виникає велика кількість питань щодо відмивання грошей, в тому числі й у іноземних банках, відтоку капіталу тощо.

Згідно статті 60 Закону України «Про банки та банківську діяльність», інформація щодо діяльності та фінансового стану клієнта, яка стала відомою банку у процесі обслуговування клієнта та взаємовідносин з ним чи третім особам при наданні послуг банку, є банківською таємницею. Вона, як певний вид інформації з обмеженим доступом, покликана охороняти відомості, вільний

обіг яких може порушити права та інтереси клієнтів банку [6].

Комерційна таємниця в банку та банківська таємниця мають спільні елементи та тісно пов'язані між собою. Однак, вони відрізняються за об'єктами інформації. В банківській таємниці об'єктом є саме банківські дані, які важливі для клієнта (дані про рахунки чи вклади, особисті дані клієнта та ін.). У комерційній таємниці об'єктом виступає інформація, яка, більшою мірою, пов'язана із самим банком (дані про контрагентів та конкурентів, дані про структуру управління і т.д.). На основі цього, можна зробити висновок, що банківська таємниця направлена на захист інформації, яка є цінною для клієнта. Комерційна таємниця в банку, навпаки, направлена на захист інформації, яка важлива для самого банку. Хоча, незважаючи на це, обидва види таємниць є конфіденційною інформацією банку.

На державному рівні захист конфіденційної інформації в банку забезпечується за рахунок створення нормативно-правових актів, в рамках яких зобов'язані працювати фінансові установи. На сьогодні немає окремого спеціального закону, який стосувався би правової охорони конфіденційної інформації. Регулювання правових відносин, що стосуються її, здійснюються на основі положень Цивільного Кодексу України, Господарського Кодексу України, Кримінального Кодексу України, Законів України «Про інформацію», «Про доступ до публічної інформації», «Про захист від недобросовісної конкуренції» та іншими нормативно-правовими актами. У зв'язку з цим, банківські установи повинні забезпечувати захист як на правовому, так і на технічному рівні.

Банківські установи, в основному, опираються на задіяні технічні рішення щодо захисту конфіденційної інформації. Їх впровадження є виправданим, адже захист інформації в банку має бути на досить високому рівні, аби відбивати усі атаки та спроби проникнення з боку злочинців. Для мінімізації фінансових та репутаційних ризиків необхідно захистити не тільки бази даних та робочі станції персоналу, але також і комп'ютерні мережі, термінали працівників фронт-офісів а також банкомати від шкідливого впливу. Важливо розуміти, що всього лиш одна використана злочинцем вразливість може призвести до успішної кібератаки на організацію, так як фінансові сервіси взаємопов'язані і із ланцюжка одиночних атак, які не являють собою значної небезпеки в кожному окремому випадку, можна здійснити успішне проникнення до критично важливих систем.

Сьогодні найбільш поширеними є три способи крадіжки конфіденційної інформації. По-перше, фізичний доступ до місць її зберігання та обробки. Тут існує багато варіантів. Наприклад, зловмисники можуть проникнути до офісу банку і викрасти

жорсткі диски з усіма базами даних. Можливим є також збройний грабіж, ціллю якого є не гроші, а інформація. Не включається і ситуація, коли працівник самостійно може винести носій інформації поза межі території.

По-друге, використання резервних копій. У більшості банків системи резервування важливих даних побудовані таким чином, аби записувати частину важливої інформації на нові носії та зберігати їх окремо. Доступ до них регламентується менш жорсткий, аніж доступ до основних даних. При їх транспортуванні та зберіганні відносно велика кількість людей може зняти з них копії, або ж напямую заволодіти ними.

По-третє, найбільш ймовірний спосіб витоку конфіденційної інформації — несанкціонований доступ працівниками банку. При використанні для розподілу прав тільки стандартних засобів операційних систем у користувачів нерідко виникає можливість опосередковано повністю скопіювати бази даних, з якими вони працюють, та винести їх за межі установи. Іноді працівники роблять це без усіякого злого умислу, просто щоби працювати з цією інформацією з дому. Однак, такі дії є серйозним порушенням політики безпеки та можуть стати причиною розголошення конфіденційної інформації.

Останні дослідження в області інформаційної безпеки, наприклад щорічний випуск Internet Crime Report від Федерального Бюро Розслідувань [7], показали, що фінансові втрати компаній від більшості загроз щороку знижуються. Однак, є декілька ризиків, від яких збитки тільки зростають. Один з них — крадіжка конфіденційної інформації або ж порушення прав поведінки з нею тими працівниками, доступ яких до конфіденційних даних необхідний для виконання службових обов'язків. Таких працівників називають інсайдерами.

Ефективним засобом мінімізації ризиків, пов'язаних з інсайдерами, є спеціальне програмне забезпечення, що здійснює динамічне управління усіма пристроями та портами комп'ютера, які можуть бути використані для копіювання інформації. Їх принцип дії наступний: для кожної групи користувачів або для кожного користувача окремо задаються дозволи на використання певних портів та пристроїв. Найбільшою перевагою такого ПЗ є гнучкість. Вводити обмеження можна для конкретних типів пристроїв, їх моделей та окремих екземплярів. Це дозволяє вводити досить складні політики розподілення прав доступу.

Як правило, працівники є найменш надійною складовою системи захисту інформації. Для боротьби з цим фактором банки зазвичай використовують наступні методи та засоби захисту конфіденційної інформації щодо власних працівників [8]:

- ознайомлюють усіх працівників з принципами захисту інформації та принципами роботи засобів зберігання та обробки інформації;

- чітко класифікують всю інформацію за ступенем її закритості та вводять правила поведінки з документами обмеженого доступу;
- зобов'язують працівників дотримуватись вимог захисту інформації, підкріплюючи це відповідними організаційними та правовими нормами;
- навчають усіх працівників сучасним засобам захисту інформації;
- наймають в штат спеціаліста, що професійно працює з проблемами інформаційної безпеки;
- проводять навчальні психологічні тренінги, які сприяють напрацюванню у працівників певних алгоритмів відповіді на компрометуючі питання, при яких можливий витік інформації;
- здійснюють контроль, моніторинг та аудит діяльності працівників;
- забезпечують відповідальність за несанкціоноване розголошення конфіденційної інформації.

У зв'язку з тим, що людський фактор є ключовим при витоці конфіденційної інформації, — доцільно звернути увагу на шляхи попередження цього, які не включені у вище перелічені заходи. У абсолютній більшості випадків уся конфіденційна інформація, що витікає з банківських установ, продається на чорному ринку. Конфіденційна інформація виступає товаром, яким торгують, і, як і будь-який товар, ця інформація має власну ціну.

В. Табаков запропонував математичну модель [3], яка дозволяє змодельовати ситуацію, як можна запобігти витоку конфіденційної інформації з вини працівників шляхом правильного регулювання політики оплати праці в установі. Суть моделі полягає у припущенні, що працівник продає інформацію за значно нижчою ціною, ніж вона вартує в дійсності, особливо якщо не знає її. Покупець цієї інформації є досить обізнаним про неї та пропонує за неї певну ціну X . У цьому випадку прибуток $V(q_i X)$ i -го працівника (продавця конфіденційної інформації), можна оцінити наступним чином:

$$V(q_i X) = X - p_{1i}(nD(q_i) + lB(q_i)) - p_{2i}R(q_i), \quad (1)$$

де p_{1i} — ймовірність викриття продавця; n — кількість місяців, які пропрацював би на фірмі продавець без цього правопорушення; $D(q_i)$ — місячний оклад працівника; l — кількість отриманих премій; $B(q_i)$ — розмір премій; p_{2i} — ймовірність збитку у разі викриття; $R(q_i)$ — розміри морального та матеріального збитку, виражені у грошовому еквіваленті.

Прибуток покупця $\pi(q_i X)$ можна оцінити наступним чином:

$$\pi(q_i X) = k(q_i)C(q_i) - X - S(q_i) - p_{3i}U(q_i), \quad (2)$$

де $k(q_i)C(q_i)$ — «продажна ціна» блоку інформації; $S(q_i)$ — засоби, витрачені на вербування продавця; p_{3i} — ймовірність викриття покупця; $U(q_i)$ — матеріальні та моральні втрати внаслідок викриття, виражені у грошовому еквіваленті.

З моделі прибутку продавця (1) випливає, що для нього прийнятною ціною за товар є ціна, що задовольняє вимозі:

$$X > p_{1i}(nD(q_i) + lB(q_i)) + p_{2i}R(q_i) \quad (3)$$

З моделі прибутку покупця (2) випливає, що для нього прийнятною ціною за товар є ціна, що задовольняє вимозі:

$$X \leq k(q_i)C(q_i) - S(q_i) - p_{3i}U(q_i) \quad (4)$$

Таким чином, для покупця прийнятною ціною за товар є ціна, яка знаходиться у сегменті компромісу:

$$\left[p_{1i}(nD(q_i) + lB(q_i)) + p_{2i}R(q_i), \right. \\ \left. k(q_i)C(q_i) - S(q_i) - p_{3i}U(q_i) \right] \quad (5)$$

Звідси автор зробив висновок, який полягає у тому, що для виключення витоку та продажу конфіденційної інформації достатньою умовою є наступна:

$$p_{1i}(nD(q_i) + lB(q_i)) + p_{2i}R(q_i) > \\ > k(q_i)C(q_i) - S(q_i) - p_{3i}U(q_i) \quad (6)$$

Тобто, діють звичайні ринкові відносини, коли існує товар у вигляді конфіденційної інформації, продавець, як недобросовісний працівник банку що може заволодіти товаром та здійснювати його подальший продаж, та покупець, що використує придбаний товар задля власної вигоди. У торгівлі, для того щоб інший покупець не отримав товар від продавця, слід запропонувати ціну,

вигіднішу для нього. Відповідно до пропонованого автором висновку (6), для того, аби витік конфіденційної інформації не відбувся, працівник банку повинен отримувати винагороду за власну працю, що буде еквівалентною або ж навіть більшою, аніж пропонуватиме покупець.

Висновки. Важливість нормативно-правового регулювання конфіденційності інформації у будь-якій установі повинно відігравати ключову роль. А у банківській установі це має бути базовою ціллю для повноцінного функціонування. Розглянуті особливості поняття конфіденційної інформації, розрізнення понять комерційної та банківської таємниці дозволяють досягнути суб'єктну базу необхідності захисту цієї інформації. Побудова практичних рішень для інформаційної безпеки банківських установ є комплексним процесом, що опирається на ці поняття та, проте, не дозволить повністю задовольнити відведену їм роль. Це підтверджується тим, що витіки конфіденційної інформації стаються постійно, хоч динаміка їх виникнення дещо сповільнюється останнім часом. Практичним рішенням до покращення цієї ситуації є ширший погляд на саму проблему витоку інформації. Йдеться саме про людський чинник, що є рушійною силою для виникнення подібних подій. Розглянута у роботі математична модель, при інтеграції її у створену систему захисту інформації, дозволяє звертати увагу саме на подібні проблеми. Таким чином, у роботі щодо створення та вдосконалення існуючих систем захисту банківської конфіденційної інформації повинен бути інтегрований саме людський фактор, як першопричина проблеми.

Література

1. Гоголь Б. М. Комерційна таємниця та конфіденційна інформація: окремі проблеми співвідношення / Б. М. Гоголь. // Кібербезпека та інтелектуальна власність: проблеми правового забезпечення. 2017. № 1. С. 112–116.
2. Решетілова О. М. Забезпечення захисту конфіденційної інформації і комерційної таємниці в трудових відносинах / О. М. Решетілова, Т. В. Граб. // Вчені записки кафедри документознавства та інформаційної діяльності. 2019. № 1. С. 70–73.
3. Табаков В. З. Математична модель витікання конфіденційної інформації з урахуванням людського чинника / В. З. Табаков. // Математика та кібернетика — фундаментальні та прикладні аспекти. 2011. № 2. С. 29–30.
4. Закон України «Про інформацію» [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1992. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>
5. Цивільний кодекс України [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2003. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>
6. Закон України «Про банки і банківську діяльність» [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2121-14#Text>
7. Internet Crime Report [Електронний ресурс] // Federal Bureau of Investigation. 2022. URL: https://www.ic3.gov/Media/PDF/AnnualReport/2021_IC3Report.pdf
8. Вимоги до роботи з конфіденційною інформацією установи // Баланс-Бюджет. 2020. № 50.

Stepanov Viktor*Doctor of Sciences in Public Administration, Full Professor**Kharkiv State Academy of Culture*

ORCID: 0000-0001-5892-4239

TOURISM AS A SOCIAL INSTITUTION IN THE CONTEXT OF SOCIAL TRANSFORMATIONS

Summary. The article considers tourism as a social institution in the context of social transformations. The peculiarities of the modern social institute of tourism in Ukraine are shown. It has been concluded that in the context of social transformations the empirical dimension of tourism as a social institution in Ukraine has its own features for the economic, political, legal, and sociocultural spheres of society.

Key words: tourism, social institute, society, social transformations.

Introduction. The main factor in the present institutional changes is the political will of state power. It chooses one or another variant of revolutionary institutional transformations. Using available resources, the government redistributes in favor of the development of attractive institutional forms. The government implements decisions that lead to structural changes in social subsystems. In particular, the conditions, rules, and relations between institutions are changing, and the institutional environment is being controlled [1].

The transformation of social institutions raises a legitimate question: how effective are institutional changes and developments in the context of globality? The answer to this question is ambiguous, as history shows different results of the social institutions' transformation. At the same time, the path of social institutions' transformation requires consideration of national and sociocultural features of society.

Problem formulation. To consider the prospects of tourism development as a social institution in the context of social transformations.

Results. One of the universal social institutions that can dampen the negatives of the globalization process is tourism. The emergence and rapid development of tourism have become possible due to the diversity of territories and pluralism of cultures in the world. This is dictated by the fact that the movement of people from one place to another is caused by the need for people to know the unknown. To this should be added the diversity of leisure, physical and spiritual strength recovering through climatic and natural means of relaxation, scientific and creative research, and so on. Due to institutionalization in societies and the world, tourism began to perform necessary social functions [2–5].

In many modern societies, tourism is not only a sector of the economy that provides high incomes and currency earnings [7]. It allows solving the problem of employment, development of territories, preservation of cultural heritage, education, etc.

At the international level, tourism is an alternative to the confrontation of the peoples of the world. In addition, tourism develops interstate, intergroup, and interpersonal relations and contacts; promotes the dissemination of knowledge, nature conservation, and more. Modern tourism is characterized by the fact that it can be a global social institution only due to the uniqueness of local areas and cultures [3].

On the one hand, tourism is developing due to the fact that globality has taken place throughout the world. This allows people to move from one place to another. On the other hand, tourism can arouse interest only due to its peculiarity and uniqueness. That is, modern tourism promotes the peaceful coexistence of the peoples of the world, and the dialogue of different types of cultures and prevents their unification.

Note the dispersion of monuments, museums, theaters, etc. is extremely uneven. Most of the historical and cultural sites are located in major cities of the country. However, there are unique ethnocultural monuments on the territory of Ukraine that are of significant historical, scientific, and cognitive interest for tourism. For example, archeological treasures, places of residence of iconic people, monasteries, and museums of folk crafts are known not only in Ukraine but also in the world [3].

The development of the institute of tourism in Ukraine has become possible due to significant transformations in its political and legal system.

Permission to freely exit and enter the country, the constitutionalization of civil rights and freedoms in accordance with international legal instruments, and the creation of a legal basis for business have created the conditions for the active development of modern tourism [1].

The process of institutionalization of tourism is influenced by the structural development of the economy, the formation of market relations, and the long economic crisis. In particular, the socioeconomic inequality of regional development, population decline, etc. should also be noted [6].

It should be noted that the uneven socioeconomic space was caused by natural and geographical factors and the consequences of economic organization in the command-administrative economy during the Soviet period. At that time, the active development, industrialization, and urbanization of various territories took place. At the same time, there was a narrow specialization of regions, the dependence of the social infrastructure of settlements on industrial enterprises, and so on. Market reforms exacerbated the situation as some regions lost government subsidies. Regions with a strong concentration of production could not be rebuilt to produce competitive products. The remote from economic centers regions had significant transport, energy, and other costs [5].

In recent years, the study of regional tourism problems in Ukraine has intensified, due to the sharpness of interregional differences. But some researchers conclude that the uneven development of tourist regions is deepening. It is noted that the differentiation of regions in terms of employment is much smaller than in the dynamics of production volume. This is due to the social policy of regional authorities [2].

Considering tourism as a social institution, O. P. Osaulenko believes that objective conditions and factors form the sociocultural space in Ukraine, with the process of tourism institutionalization.

This opinion is confirmed by the following: the presence of rich natural and geographical potential and uneven distribution for the development of mass tourism; uneven distribution of social and labor potential and social base of tourism; the presence of historical and cultural potential and uneven distribution of cultural sites that are elements of tourist resources; availability of sociopolitical and sociolegal bases for tourism development; uneven socioeconomic development of regions and socioeconomic differentiation of the population by region, etc.

These and other factors influenced the peculiarities of the formation and development of the modern social institute of tourism in Ukraine [5–7].

Conclusions. Considering the development of the social institute of tourism in the field of social phenomena, we note that tourism reflects certain features and specifics of the institutional environment. In particular, the quantitative and qualitative characteristics of interconnected and interacting social objects. This takes into account both the conditions and factors in which these processes take place and the structural separation of the field of institutional transformation. In particular, to understand tourism interactions in the context of social transformations, it is necessary to constantly analyze the development of the social institute of tourism, taking into account the cultural component.

The formation of the social institute of tourism is that tourism is a versatile and multifaceted phenomenon that manifests itself in various life spheres. The specifics of the content and functions of each of these areas contribute to the uniqueness of tourism integration into the structure of particular social subsystem relations. In the conditions of modern transformations, the empirical dimension of the degree of the social institute of tourism has particular features. The attributes of the institute of tourism are manifested in the characteristics of the sociocultural environment, which is the subject of further research.

Literature

1. On tourism: Law of Ukraine with changes and additions of 18.11.2003. № 1281-IV. URL: https://tourlib.net/zakon/pro_turyzm.htm.
2. Borushchak M. Problems of formation of development strategy of tourist regions: monograph L.: IRD NAS of Ukraine, 2006. 288 p.
3. Bozhko L. D. Tourism as a sociocultural phenomenon: history and modernity (mid-nineteenth — early twentieth century): monograph. Kharkiv: Leader, 2017. 344 p.
4. The Hague Declaration on Tourism (The Hague, April 14, 1989). Legal regulation of tourism in Ukraine: Collection of normative-legal acts. V. K. Fedorchenko (Ed.). K.: Jurinkom Inter, 2002.
5. Kifyak V. F. Organization of tourist activity in Ukraine. Chernivtsi: Books-XXI, 2003. 300 p.
6. Stolbova Yu. Theoretical aspects of institutionalization of tourism. Social dimensions of society. 2010. № 2. P. 378–387.
7. Shuplat O. M. Formation of the concept of “tourism” in modern economics. Effective economics. 2015. № 12. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/12_2015/57.pdf

Recenzent:*Doktorant SD KUL***Matwiejew Andrzej***аспирант**Люблинского католического университета им. Иоанна Павла II***Матвеев Андрей Анатольевич***PhD Student of the**John Paul II Catholic University of Lublin***Matvieiev Andrii**

DOI: 10.25313/2520-2057-2022-6-8073

RECENZJA NA KSIĄŻKĘ: TOMASZ SIŃCZAK, OSTATNI WIELKI SZACH. OBRAZ CHOSROESA II PARWEZA (591–628), KRÓLA IRANU W KRÓTKIEJ KRONICE KOŃCA SASANIDZKIEGO IMPERIUM I WCZESNEGO ISLAMU, MARSZAŁEK DEVELOPMENT & PRESS, TORUŃ 2020, SS. 161

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ: ТОМАШ СИНЬЧАК, ПОСЛЕДНИЙ ВЕЛИКИЙ ШАХ. ОБРАЗ ХОСРОВА II ПАРВЕЗА (591–628), ЦАРЯ ИРАНА В КОРОТКОЙ ХРОНИКЕ КОНЦА САСАНИДСКОЙ ИМПЕРИИ И РАННЕГО ИСЛАМА, MARSZAŁEK DEVELOPMENT & PRESS, TORUŃ 2020, с. 161

BOOK REVIEW: TOMASZ SIŃCZAK, THE LAST GREAT SHAH. A FIGURE BY CHOSROES II PARWEZ (591–628), KING OF IRAN IN A SHORT CHRONICLE OF THE END OF THE SASSANID EMPIRE AND EARLY ISLAM, MARSZAŁEK DEVELOPMENT & PRESS, TORUŃ 2020, pp. 161

We wstępie do swej książki autor słusznie twierdzi, że nie możemy poznawać historię cesarstwa Bizantyńskiego bez kontekstu historii Persji Sasanidzkiej. Chosroes II Parwez zaś jest jednym z najbardziej znanych i wybitnych władców Sasanidzkich, (s.11). Jego panowanie opisuje *Krótką kroniką końca sasanidzkiego imperium i wczesnego islamu*, znana też pod nazwą *Kronika Chuzistanu*. We wstępie też autor prezentuje pytanie badawcze: „*jak w tym ważnym źródle został zapamiętany Chosroes II? Czego dowiadujemy się z kroniki o królu królów? Jak wyglądał świat w chwili gdy on doszedł do władzy?*” (s. 14–15).

Publikacja liczy 161 stronę. Jej pierwszym elementem jest spis treści (s.7–8), po którym znajduje się dwie strony z podziękowaniem promotorowi rozprawy doktorskiej autora z zakresu historii — prof. dr hab. Szymonowi Olszańcowi i innym naukowcom, którzy wspierali autora w jego rozwoju naukowym. Kolejnym elementem pracy jest krótki wstęp (s.11–15). Praca naukowa składa się z pięciu rozdziałów. Pierwszy obejmuje 22 strony (s.16–38) i składa się z 5

podrozdziałów i zawiera 71 przypis. Następny rozdział to kolejne 22 strony (s.39–61), który zawiera 4 podrozdziały i 103 przypisy. Trzeci rozdział to 12 stron bez podrozdziałów (s. 62–74) i 42 przypisy. Czwarty z kolei rozdział liczy aż 25 stron (s.75–100) ale jak i poprzedni nie posiada podrozdziałów i zawiera 105 przypisów. Ostatni piąty rozdział jest najkrótszy, składa się bowiem z 14 stron i 51 przypisu, podrozdziałów jak i dwa poprzednie rozdziały nie zawiera.

Zasadniczą część pracy zamyka 5 stronicowe podsumowanie (s.116–121) do którego dołączono 3 przypisy. Następnym elementem jest chronologia wydarzeń politycznych z czasów panowania Chosroesa II, a także chronologia upadku imperium Sasanidów oraz wykaz władców rzymskich i perskich panujących w latach 582–651 oraz wykaz patriarchów konstantynopolińskich i poł. VII wieku (s.122–124). Kolejnymi częściami pracy jest wykaz skrótów (s.125) oraz dość szczegółowy słownik pojęć (s. 126–135). Następnym segmentem dzieła jest krótkie podsumowanie w języku angielskim (summary), (s.136–137), które przetłumaczyła pani Anna

Chrzanowska (WSKSiM w Toruniu) oraz w języku rosyjskim (пезюме), (s.138–140), które przetłumaczył pan Łukasz Piotrowski (SPNJO UMK).

Kolejną ważną częścią książki jest bibliografia, która liczy 15 stron (s.141–156), która została podzielona na źródła (5), pozostałe źródła (31), opracowania i monografie w liczbie 195 pozycji. Ostatnimi częściami pracy jest bardzo szczegółowy indeks nazw geograficznych (s.157–159) oraz indeks osobowy (s.160–161).

Pierwszy rozdział ma charakter wprowadzający, posiada tytuł „Zagadnienia wprowadzające”. W tym rozdziale autor wskazuje wielkie znaczenie geografii na gospodarkę, działania wojenne oraz handel; wyjaśnia, że wyżyna Anatolijska i Irańska to bardzo trudne tereny do prowadzenia działań wojennych (s. 16–17). Ukazuje też wielką wartość Syrii, wyjaśnia, dlaczego ten kraj był silnie zmilitaryzowany od czasów Pompejusza (s.21). W tymże rozdziale autor określa wyraźne ramy czasowe pracy (579–628) oraz wyświetla sytuację militarno-dominacyjną Iranu nad Bizancjum u schyłku VI wieku (s.24). Rozdział ten w podrozdziale 1.4 zawiera informację o kronice Chuzistanu, a także wskazuje wizerunek Chosroesa II w tym dziele historycznym. Opisuje zarys dziejów politycznych, kościelnych zawartych w owym źródle (s. 25–28). W podrozdziale 1.5 autor robi krótki przegląd literatury — źródeł i opracowań. Uwzględniono zdecydowaną większość źródeł zawierających informację o Chosroesie II Parwezie. Co zaś dotyczy opracowań, nie zabrakło w bibliografii pozycji wybitnych bizantynistów jak polskojęzycznych tak i obcojęzycznych, w tym jest dużo pozycji w języku angielskim, niemieckim, rosyjskim co świadczy na dokładność kwerendy i wysoki profesjonalizm autora. Rozdział drugi pod nazwą „Krótka historia Bliskiego Wschodu na przełomie VI i VII wieku po Chrystusie” z kolei przedstawia krótką genezę konfliktów Persko-Bizantyńskich w VI wieku, omawia historię Bliskiego Wschodu na przełomie VI–VII wieków w tym panowanie Hormizda IV (579–590), śmierć cesarza Maurycjusza oraz bunt Fokasa, który został wykorzystany jako pretekst do wojny z Bizancjum (s. 39–57). Trzeci rozdział „Chosroes II i jego stosunek do religii w Kronice Chuzistanu” dość ściśle opisuje sytuację religijną w Persji Sasanidzkiej w V–VII wieku. Wskazuje względną tolerancję chrześcijan przez Chosroesa II Parweza i jego ogólny stosunek do religii. Rozdział IV z kolei pod nazwą „Chosroes II i jego podboje w Kronice Chuzistanu” przedstawia króla królów jako dowódcę wojskowego. Zaczynając od porażki z rąk jego rywala Wahrama Czobina i prośby cesarza Maurycjusza o

wsparcie militarne (s.75). W tej części pracy jest opisane zdobycie Jeruzalem, a także zbrodnie przeciw chrześcijańskiej ludności Jeruzalem (s. 83–84). Jest też opisany podbój Egiptu (s.89) a w szczególności Aleksandrii przez Chosroesa II (s. 90–91). Z drugiej strony autor także opisuje kontrofensywę cesarza Herakliusza, obronę Konstantynopola i bitwę pod Niniwą (12.12. 627 r.) gdzie zostały pokonane wojska Perskie (s. 95–96). Cała informacja o tym wydarzeniu (klęsce Persów) znajduje się w kronice Chuzistanu zaledwo w kilku zdaniach. Ostatni z kolei rozdział pod nazwą „Chosroes II jako polityk w Kronice Chuzistanu” ukazuje postać króla królów jako postać pełną przeciwieństw (s. 101), podlegającą wpływom innych lub działającą pod presją strachu (s. 102). Ten rozdział ukazuje Chosroesa jako człowieka trzórzliwego i pamiętliwego (s. 102–103), który sugeruje się bardziej własnymi odczuciami i przekonaniami niż faktyczną sytuacją (s. 104). Jemu nie jest obca pycha i przekonanie o własnej wyjątkowości (s. 107). Jest też bardzo nieudolnym i niezaradnym politykiem (s. 108), kiedy nadszedł moment jego ostatecznego upadku, był pogodzony z losem (s. 109). Zresztą, po 38 latach panowania został odsunięty od władzy (s.110).

Temat niniejszej książki jest niezwykle ważny i godny polecenia, praca ukazuje sylwetkę króla królów Chosroesa II Parweza w świetle kroniki Chuzistanu. Dzięki danej publikacji możemy poznać władcę Sasanidów, jakim był politykiem, dowódcą wojskowym, jego charakter i nawet życie osobiste. Język przekazu jest jasny i zwięzły. Praca posiada niewiele tzw. literówek i błędów językowych, starannie opracowany aparat przypisowy, bibliografia, wykaz skrótów, indeks nazw geograficznych oraz indeks osobowy co świadczy o wysokim potencjale naukowym autora tekstu. Prócz powyższej erraty kolejna uwaga krytyczna polegająca na tym, że nie została uwzględniona w tej książce kronika ormiańskiego biskupa Sebeosa, który był współczesny Chosroesowi II i cesarzowi Herakleuszowi. Wspominając o wojnie Persko-Bizantyńskiej (602–628) nie należy ignorować owe źródło historyczne, ponieważ ono go dokładnie opisuje, w tym zdobycie przez Persów Jeruzolimy w 614 roku. Także w tekście jest zbyt dużo tzw. anglikanizmów, jeżeli można użyć odpowiednik w języku polskim, to lepiej nie stosować zapożyczeń z języków obcych. Mimo powyższych uwag należy bardzo pozytywnie ocenić pracę pana Tomasza Sińczaka. Praca wnosi swój wkład do polskiej bibliografii przedmiotu. Należy zatem pogratulować autorowi i życzyć mu kolejnych sukcesów w jego badaniach naukowych.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ИНТЕРНАУКА»

Збірник наукових статей

№ 6 (125)

Голова редакційної колегії — д.е.н., професор *Камінська Т.Г.*

Київ 2022

Видано в авторській редакції

Засновник / Видавець ТОВ «Фінансова Рада України»
Адреса: Україна, м. Київ, вул. Павлівська, 22, оф. 12
Контактний телефон: +38 (067) 401-8435
E-mail: editor@inter-nauka.com
www.inter-nauka.com

Підписано до друку 15.06.2022. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура UkrainianSchoolBook.
Умовно-друкованих аркушів 9,07. Тираж 100.
Замовлення № 398. Ціна договірна.
Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві
ТОВ «Центр учбової літератури»
вул. Лаврська, 20, м. Київ
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2458 від 30.03.2006 р.