МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

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

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

ІНТЕРНАУКА
Видавничий дім

№ 8 (163) / 2024

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

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

Збірник наукових праць

№ 8 (163)

Київ 2024

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 İndex; 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 İndex; 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.

№ 8 (163) 2024 серпень
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

ЗМІСТ

CONTENTS

ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ

ІНШЕ

УДК 327.3

Воєвудский Олександр Вадимович
аспірант
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
Voyevudskyi Oleksandr
Postgraduate of the
Oles Honchar Dnipro National University

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10190

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК: НОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ПОЛІТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УКРАЇНІ

STRATEGIC PLANNING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: NEW CHALLENGES FOR POLITICAL MANAGEMENT IN UKRAINE

Анотація. *У статті піднімається питання значення стратегічного планування для політичного менеджменту України в контексті сучасних викликів сталого порядку денного. Гнучкість та далекоглядність сучасного менеджменту на тлі досягнення Цілей сталого розвитку, з урахуванням поточних політичних викликів, є ключовим фактором для досягнення стабільного та довготривалого розвитку держави. Це набуває особливого значення в умовах численних проблем, таких як економічна нестабільність, соціальна нерівність, екологічні та техногенні загрози з якими стикається Україна сьогодні.*

Ключові слова: *стратегічне планування, сталий розвиток, Україна, національна політика, політичний менеджмент, глобальні цілі.*

Summary. *The article addresses the significance of strategic planning for political management in Ukraine in the context of the contemporary challenges of the sustainable agenda. The flexibility and foresight of modern management, against the backdrop of achieving the Sustainable Development Goals, are key factors for ensuring the stable and long-term development of the state, particularly considering the current political challenges. This becomes especially crucial in light of numerous issues, such as economic instability, social inequality, and environmental and technogenic threats that Ukraine faces today.*

Key words: *strategic planning, sustainable development, Ukraine, national policy, political management, global goals.*

Постановка проблеми. Стратегічне планування та сталий розвиток є ключовими аспектами політичного менеджменту, які мають вирішальне значення для забезпечення стабільності та процвітання України. Однак, реалізація цих аспектів в умовах сучасних викликів вимагає врахування ряду суттєвих проблем. По-перше, відсутність чіткої стратегії інтеграції сталих принципів у політичне управління призводить до незбалансованого розвитку, що негативно впливає на економічну, соціальну та екологічну сфери. По-друге, недостатнє розуміння та застосування концепцій стратегічного планування, таких як адаптивність та гнучкість. Зокрема неспроможність комбінувати поточні виклики внутрішньої та зовнішньої політик та сталий розвиток, що несе негативні наслідки для розвитку держави. По-третє, існує значна диспропорція в розподілі ресурсів, що призводить до перевантаження або недофінансування ключових напрямків розвитку, зменшуючи загальну ефективність політичного управління. Додатково, Україна стикається з критичними зовнішніми та внутрішніми викликами, такими як тривала війна з Росією, корупція, нестабільна економічна ситуація та політичні кризи, що ускладнюють впровадження стратегічного планування та досягнення сталого розвитку. Проблема полягає в тому, що відсутність комплексного підходу до стратегічного планування та неврахування принципів сталого розвитку в політичному менеджменті значно обмежують здатність України забезпечити стабільний та довготривалий розвиток, зокрема у післявоєнний період. Це викликає необхідність розробки та впровадження нових підходів, які інтегрують економічні, соціальні та екологічні аспекти в процеси прийняття рішень на

всіх рівнях державного управління, а також забезпечують активну участь громадянського суспільства та міжнародних партнерів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження підтверджують, що стратегічне планування та сталий розвиток в Україні потребують розвитку комплексного підходу, який включає інтеграцію міжнародних стандартів, використання новітніх технологій, розвиток екологічної стійкості та забезпечення соціальної рівності [1]. Виклики, з якими стикається Україна, вимагають адаптації та впровадження інноваційних рішень, які можуть забезпечити сталий розвиток та покращення якості життя населення [2]. У багатьох дослідженнях підкреслюється, що стратегічне планування в Україні стикається з серйозними викликами, такими як політична нестабільність, корупція, недостатня координація між різними органами влади та обмежені фінансові ресурси [3]. Ці фактори ускладнюють реалізацію довгострокових стратегій, спрямованих на сталий розвиток.

Метою дослідження є вивчення сучасних тенденцій у стратегічному плануванні на тлі інтеграції системи українського політичного менеджменту України до сталого порядку денного. Це критично важливо для подолання таких викликів, як економічна нестабільність, соціальна нерівність та екологічні загрози, з якими стикається Україна на шляху до сталого розвитку. Стаття зосереджується на необхідності адаптивності, гнучкості та поступовості при прийнятті стратегічних рішень, а також на важливості збалансованого підходу до управління, який враховує економічні, соціальні та екологічні аспекти.

Виклад основного матеріалу. Теоретичні основи стратегічного планування та сталого розвитку забезпечують комплексний підхід до управління в умовах сучасних викликів. Використання цих теорій та моделей у політичному менеджменті сприяє більш ефективному та стійкому розвитку суспільства, допомагаючи досягати балансу між економічними, соціальними та екологічними аспектами розвитку. Роботи таких учених, як Генрі Мінцберга (1987 р.) який акцентував увагу на важливості адаптивності та гнучкості стратегічного планування, акцентуючи увагу на поступових змінах та навчання [4]. Джеймс Браян Куїнн, один з провідних фахівців у галузі стратегічного управління, у своїй роботі «Стратегії логічного інкрементализму» (1980) запропонував концепцію процесного підходу до стратегічного планування. Його теорія відрізняється від класичних підходів і наголошує на поступовості та адаптивності у прийнятті стратегічних рішень [5]. Джон Елкінгтон, у своїй роботі «Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business» (1997), запропонував концепцію трьохвимірної моделі стійкості, відому як «Triple Bottom Line» (TBL). Ця модель акцентує увагу на необхідності врахування трьох основних аспектів при оцінці успіху та стійкості організацій та соціальних систем: економічного, соціального та екологічного [6].

Зв'язок стратегічного планування з політичним менеджментом передбачає визначення важливих пріоритетів, які полягають у тому, щоб стратегічне планування допомагало визначати ключові напрями, на які слід спрямовувати ресурси та зусилля. Важливість залучення різних груп інтересів, включаючи громадянське суспільство, бізнес, наукові установи та міжнародні організації.

Також, сталий розвиток і стратегічне планування є взаємопов'язаними концепціями, які сприяють довгостроковому благополуччю та сталому розвитку держави.

Сталий розвиток включає три основні компоненти:

1. Економічний: забезпечення стабільного економічного зростання, створення робочих місць та підвищення рівня життя.

2. Соціальний: забезпечення соціальної справедливості, рівності, доступу до освіти та охорони здоров'я, а також покращення якості життя.

3. Екологічний: збереження природних ресурсів, мінімізація впливу на довкілля, захист біорізноманіття та протидія зміні клімату.

Стратегічне планування являється процесом визначення довгострокових цілей та напрямків розвитку організації або суспільства, а також розробки планів для їх досягнення. Основні етапи стратегічного планування включають:

1. Аналіз середовища: оцінка зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на організацію чи суспільство, таких як економічні умови, соціальні тенденції, технологічні зміни та екологічні виклики.

2. Визначення місії та бачення: формулювання головної мети та бачення майбутнього стану організації або суспільства.

3. Встановлення цілей і завдань: визначення конкретних, вимірюваних цілей, які необхідно досягти для реалізації бачення.

4. Розробка стратегій і планів: розробка планів дій, які допоможуть досягти поставлених цілей.

5. Виконання та моніторинг: реалізація планів та постійний моніторинг прогресу для забезпечення досягнення цілей.

Виходячи з суті цих явищ, об'єктивним є їх тісний зв'язок, який передбачає інтеграцію сталих принципів, довгострокову перспективу, вимірювання та оцінку, гнучкість і адаптивність у єдину функціональну модель. Інтеграція сталих принципів включає екологічні, соціальні та економічні аспекти у стратегічне планування для забезпечення збалансованого розвитку. Довгострокова перспектива орієнтується на далекоглядне планування та прогнозування, що задає загальний вектор розвитку системи. Вимірювання та оцінка використовують показники та критерії сталого розвитку для оцінки ефективності стратегічного планування та надає можливість ефективно працювати над помилками.

Завдяки гнучкості і адаптивності відбувається постійне оновлення стратегій та планів відповідно до нових викликів зі збереженням загального вектору розвитку.

Концепція сталого розвитку передбачає гармонійне поєднання економічного зростання, соціальної справедливості та екологічної стійкості. У свою чергу, стратегічне планування є невід'ємною частиною процесу сталого розвитку, оскільки дозволяє визначити довгострокові цілі та розробити конкретні заходи для їх досягнення.

Ключові елементи стратегічного планування включають:

- Визначення пріоритетів, що полягає у ідентифікації основних напрямків розвитку, що мають найбільше значення для досягнення сталого розвитку.
- Завдяки цільовим показникам встановлюються конкретні, вимірювані цілі та індикатори, що дозволяють оцінювати прогрес.
- Моніторинг та оцінка допомагають розробляти системи моніторингу та оцінки, яка дозволяє відслідковувати реалізацію стратегій та вчасно вносити корективи.
- Активне залучення громадянського суспільства, бізнесу та міжнародних партнерів до процесу планування та реалізації стратегій.

Україна розробила низку національних стратегій та програм, спрямованих на досягнення сталого розвитку. Серед них:

- Стратегія сталого розвитку «Україна — 2030»: Ця стратегія передбачає комплекс заходів у сфері економічного розвитку, реформування системи управління, підвищення соціального захисту та охорони здоров'я, а також збереження навколишнього середовища [7].
- Національна стратегія управління відходами в Україні: Стратегія спрямована на покращення системи управління відходами, зменшення їх обсягів та впровадження сучасних технологій переробки [8].
- Програма з енергоефективності та відновлюваних джерел енергії: Програма передбачає заходи щодо підвищення енергоефективності, впровадження відновлюваних джерел енергії та зменшення залежності від імпортних енергоносіїв [9].

Україна стикається з низкою викликів на шляху до сталого розвитку, серед яких: тривала війна з росією, корупція та недоліки в управлінні, через які слабкі інституційні спроможності гальмують реалізацію реформ та стратегій. Нестабільна економічна ситуація та політичні кризи ускладнюють довгострокове планування. Вплив змін клімату, зниження біорізноманіття та забруднення навколишнього середовища потребують негайних заходів.

У свою чергу, перспективами сталого розвитку виступають реформи та модернізація, інновації, технології, міжнародна співпраця через залучення міжнародних партнерів та використання їхнього досвіду для впровадження кращих практик у сфері сталого розвитку.

Сталий розвиток і стратегічне планування в Україні є ключовими аспектами для досягнення стабільного та довготривалого розвитку країни. Ефективне впровадження національних стратегій, боротьба з корупцією, модернізація інфраструктури, залучення громадянського суспільства та міжнародне співробітництво є важливими кроками на шляху до сталого майбутнього.

Сучасний стан стратегічного планування в контексті сталого розвитку в Україні характеризується активним реформуванням у різних сферах з метою досягнення сталого розвитку та європейської інтеграції. Проте, незважаючи на досягнуті успіхи, залишається багато викликів, які потребують подальшого вирішення. Стратегічне планування та ефективне управління ресурсами є ключовими факторами для подальшого розвитку країни в напрямку стійкості та процвітання.

Сучасні тенденції стратегічного планування в Україні охоплюють низку важливих аспектів, серед яких:

1. Діджиталізація політики, а саме: використання цифрових технологій та соціальних медіа для комунікації з виборцями, збору даних і аналітики, а також мобілізації підтримки. Політичні партії та кандидати активно використовують платформи як Facebook, Instagram, Twitter, та YouTube для поширення своїх повідомлень та взаємодії з громадянами.

2. Прозорість та відкритість, які спрямовані на підвищення чесності та відкритості уряду та політичних процесів. Це включає впровадження електронного урядування, де громадяни можуть отримувати доступ до інформації про діяльність державних органів, подавати звернення та запити онлайн.

3. Набуває широкого розвитку професіоналізація політичних кампаній: Зростаюча роль професійних політтехнологів та консалтингових агентств у плануванні та проведенні виборчих кампаній, у що входить розробка стратегій, проведення соціологічних досліджень та аналіз електоральних тенденцій.

4. Активізація громадянського суспільства, де громадські організації та активісти відіграють значну роль у впливі на політичні процеси та прийняття рішень. Громадянські ініціативи часто виступають як посередники між владою та суспільством.

5. Зростання поляризації між різними політичними силами та групами інтересів. Це може вести до посилення конфронтації та зниження ефективності політичного діалогу.

6. Геополітичні зміни та зовнішній вплив, зокрема на тлі повномаштабної війни та впливу західних країн, країн півдня та сходу. Україна активно працює над інтеграцією до ЄС та НАТО, що також визначає багато політичних рішень.

7. Продовження реформ у різних сферах, таких як децентралізація, судова система, антикорупційні

заходи, які спрямовані на підвищення ефективності державного управління та зменшення корупції.

8. Постійна увага до питань національної безпеки та оборони, зокрема у контексті збройного конфлікту на сході України та окупації Криму.

9. Побудова стратегії післявоєнної відбудови України з залученням міжнародних донорів та сучасних технологій з акцентом на сталий розвиток.

Всі згадані вище тенденції відображають динамічний та складний характер стратегічного планування в контексті сталого розвитку в Україні, де взаємодія між різними факторами формує сучасний політичний ландшафт країни [10].

Реформи політичного менеджменту в Україні мають значний вплив на стратегічне планування та сталий розвиток державного управління та політичних процесів. Зупинимося детальніше на ключових аспектах децентралізації, антикорупційних заходах, реформі державного управління, реформі судової системи, економічній реформі, євроінтеграційній реформі та їхньому впливі на стратегічне планування.

Децентралізація передбачає передачу значних повноважень та ресурсів від центрального уряду до місцевих органів влади, що прямо стосується стратегічного планування. Децентралізація посилює місцеве самоврядування. Місцеві органи влади отримують більше можливостей для самостійного стратегічного планування та реалізації проектів, що відповідають специфічним потребам громад. Громадяни отримують більше можливостей впливати на прийняття рішень на місцевому рівні, що сприяє підвищенню прозорості та підзвітності влади.

Впровадження антикорупційних інституцій та законодавства для боротьби з корупцією. Зниження корупції сприяє більш ефективному та прозорому використанню державних ресурсів у стратегічному плануванні. Боротьба з корупцією підвищує довіру внутрішніх та зовнішніх інвесторів, що сприяє економічному розвитку та стратегічному залученню інвестицій. Це набуває особливого значення у контексті надання зовнішньої допомоги по післявоєнній відбудові України та розвитку українського суспільства.

Модернізація державних інституцій та підвищення їхньої ефективності. Підвищення кваліфікації та компетентності державних службовців сприяє більш ефективному стратегічному плануванню та реалізації державних політик. Зокрема мова йде про використання сучасних інформаційних технологій для планування та моніторингу ефективності державних програм.

Створення незалежної та ефективної судової системи. Ефективна судова система забезпечує захист прав та інтересів громадян і бізнесу, що є основою для стабільного стратегічного планування. Надійна судова система підвищує інвестиційну привабливість країни, що сприяє стратегічному розвитку економіки.

Лібералізація економіки, створення сприятливого бізнес-клімату та підтримка малого та середнього бізнесу. Реформи сприяють створенню стабільної економічної бази для довгострокового стратегічного планування. Створення умов для розвитку інновацій та підприємництва підвищує конкурентоспроможність країни на міжнародному рівні.

Підготовка до вступу в ЄС та гармонізація законодавства з європейськими стандартами. Підготовка до інтеграції в ЄС вимагає впровадження європейських стандартів та практик у стратегічне планування. Інтеграція з ЄС відкриває нові можливості для економічного співробітництва та торгівлі, що впливає на довгострокові стратегії розвитку країни.

Ці реформи сприяють створенню більш прозорого, ефективного та підзвітного політичного менеджменту, що є основою для успішного стратегічного планування та розвитку України [11].

Впровадження глобальних цілей сталого розвитку в Україні стикається з рядом проблем та перешкод, які можуть уповільнювати або ускладнювати цей процес. Розглянемо основні з них:

– Економічна нестабільність, пов'язана з війною, корупцією та іншими внутрішніми викликами, ускладнює довгострокове планування та інвестування у сталий розвиток.
– Відсутність необхідних фінансових ресурсів для реалізації проектів сталого розвитку, зокрема через обмеженість бюджетних коштів та недостатню підтримку з боку міжнародних донорів.
– Значні зовнішні борги обмежують можливості держави інвестувати в довгострокові проекти.
– Недостатня підтримка малого та середнього бізнесу, що є важливим драйвером економічного зростання та сталого розвитку.
– Велика кількість трудової міграції з країни спричиняє втрату кваліфікованих кадрів та демографічні проблеми.
– Невисокий рівень соціального захисту для вразливих груп населення, що ускладнює вирішення проблем нерівності.
– Відсутність достатніх ресурсів для модернізації освіти та професійної підготовки. Високий рівень забруднення повітря, води та ґрунту через промислові викиди та неефективне управління відходами.
– Негативні наслідки змін клімату, такі як часті природні катастрофи, що впливають на сільське господарство та інфраструктуру.
– Відсутність достатніх фінансових ресурсів для впровадження екологічних проектів та зниження викидів парникових газів.
– Низький рівень екологічної освіти та свідомості населення щодо важливості охорони навколишнього середовища.
– Високий рівень корупції в державних органах, що підриває довіру громадян до влади та ускладнює реалізацію проектів сталого розвитку.
– Відсутність ефективної координації між різними державними інституціями та відомствами, що ускладнює комплексний підхід до впровадження ЦСР.

– Недостатня прозорість та підзвітність у діяльності державних органів. Відсутність сучасної інфраструктури та технологій, що ускладнює впровадження інноваційних рішень для сталого розвитку.
– Відсутність фінансових ресурсів для модернізації інфраструктури та впровадження нових технологій.
– Недостатня підтримка наукових досліджень та інноваційних проектів.
– Військовий конфлікт ускладнює реалізацію проектів сталого розвитку у постраждалих регіонах.
– Політичні суперечності та конфлікти між різними групами впливу ускладнюють прийняття необхідних рішень.

Для подолання цих проблем і перешкод необхідні комплексні заходи, що включають реформування економічної, соціальної, екологічної та політичної сфер. Важливими є також міжнародна підтримка та співпраця, залучення громадянського суспільства та бізнесу до процесу впровадження глобальних цілей сталого розвитку. Тільки спільними зусиллями можна досягти сталого розвитку та забезпечити гідне майбутнє для наступних поколінь.

Висновки. Стратегічне планування та сталий розвиток є ключовими компонентами сучасного управління, особливо в контексті сталого розвитку України. Враховуючи економічні, соціальні та екологічні виклики, які стоять перед країною, важливо розглянути основні аспекти та висновки щодо цієї теми. Подальші дослідження в області стратегічного планування та сталого розвитку мають забезпечити створення ефективних механізмів управління, що сприятимуть сталому розвитку та підвищенню якості життя населення. Важливо продовжувати впроваджувати інновації, підвищувати прозорість та залучати громадянське суспільство до процесу прийняття рішень. Міжнародна співпраця та адаптація до глобальних викликів також відіграють ключову роль у забезпеченні успішного розвитку країни. Дослідження ефективності інституційних реформ та розробка рекомендацій для їх подальшого покращення. Необхідно вивчати моделі управління, що успішно застосовуються в інших країнах, аналізувати вплив цифрових технологій на ефективність управління та прийняття рішень, досліджувати можливості використання штучного інтелекту та великих даних у політичному менеджменті. Вивчати методи підвищення екологічної стійкості та впровадження зелених технологій, розробляти програми підтримки вразливих груп населення та забезпечення інклюзивного розвитку. Важливо аналізувати досвід інших країн у впровадженні міжнародних стандартів та угод та вивчати можливості міжнародної співпраці для досягнення цілей сталого розвитку. Необхідно розробити національні стратегії, які інтегрують принципи сталого розвитку у всі сфери державної політики та економіки, враховувати довгострокові екологічні, економічні та соціальні впливи у процесі прийняття рішень. Впровадження цих підходів може забезпечити стабільний розвиток України, зменшення негативного впливу на довкілля та покращення якості життя населення.

Література

1. EU and Ukraine outline plans for sustainable reconstruction in a high-level conference. 2023. URL: https://neighbourhood-enlargement.ec.europa.eu/news/eu-and-ukraine-outline-plans-sustainable-reconstruction-high-level-conference-2023-11-27_en (дата звернення: 01.08.2024).

2. Україна зберігає відданість своїй програмі сталого розвитку попри виклики війни. 2023. URL: https://www.undp.org/uk/ukraine/press-releases/ukrayina-zberihaye-viddanist-svoyiy-prohrami-staloho-rozvytku-popry-vyklyky-viyny (дата звернення: 01.08.2024).

3. Лелеко В.В. Проблеми та перспективи сталого розвитку України: політичний аспект. *Вісник Дніпропетровського університету*. 2014. 22(9/2). С. 118–124.

4. Lunenburg F.C. Organizational Structure: Mintzberg's Framework. *International journal of scholarly, academic, intellectual diversity*. 2012. 14(14).

5. McCann J.E. Strategies for Change: Logical Incrementalism. *Academy of Management Review.* 1982. 7(2).

6. Берданова О., Вакуленко В. Стратегічне планування місцевого розвитку: практ. пос. Швейцарсько-український проект «Підтримка децентралізації в Україні. DESPRO». Київ : ТОВ «Софія-А», 2012. С. 8–17.

7. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. 2017. URL: https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/stratehiya-staloho-rozvytku-ukrayiny-do-2030-roku (дата звернення: 01.08.2024).

8. Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 лютого 2019 р. № 117-р. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnogo-planu-upravlinnya-vidhodami-do-2030-roku (дата звернення: 01.08.2024).

9. Про Програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики : Постанова Кабінету Міністрів України від 31 грудня 1997 р. № 1505 Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1505-97-п#Text (дата звернення: 01.08.2024).

10. Грабельников А.В. Аналіз методів державного регулювання транспортної системи. *Актуальні проблеми державного управління.* 2011. № 2 (40). С. 100–107.

11. Гнатенко А. Стратегічне планування у сфері державного управління: концептуальні підходи. *Державне управління та місцеве самоврядування.* 2013. Вип. 3 (18). С. 51–59.

УДК 94:[323.3:66-051](477)»16/17»

Муляр Анатолій Миколайович
кандидат історичних наук,
доцент кафедри суспільно-гуманітарних дисциплін
Університет економіки і підприємництва
Mulyar Anatoly
Candidate of Historical Sciences,
Associate Professor of the Department of Social and Humanities
University of Economics and Entrepreneurship
ORCID: 0000-0002-7629-301X

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10167

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК, ДЕМОГРАФІЯ ТА СТАНОВА СТРАТИФІКАЦІЯ ЛІТИНСЬКОГО ПОВІТУ У ПОРЕФОРМЕНИЙ ПЕРІОД (1862–1872 рр.)

THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT, DEMOGRAPHY, AND SOCIAL STRATIFICATION OF THE LITINSKY DISTRICT IN THE POST-REFORM PERIOD (1862–1872)

Анотація. *Стаття досліджує соціально-економічний розвиток Літинського повіту в період з 1862 по 1872 роки, зосереджуючись на аграрній економіці, тваринництві, промислах та демографічних змінах. Дослідження показує, що хоча відбулися позитивні зрушення, такі як збільшення площі під полями та появу орендних відносин, основним джерелом доходу все ще залишалося сільське господарство. Промисловий розвиток був обмежений, і основна частина економіки залишалася аграрною.*

Ключові слова: *сільськогосподарське виробництво, демографія, станова стратифікація, поміщицьке землеволодіння, орендні відносини, наймана праця, ремісниче виробництво.*

Summary. *The article examines the socio-economic development of the Litin County between 1862 and 1872, focusing on the agricultural economy, animal husbandry, crafts, and demographic changes. The study shows that although there were positive developments, such as an increase in the area under fields and the emergence of leasehold relations, agriculture was still the main source of income. Industrial development was limited, and the bulk of the economy remained agrarian.*

Key words: *agricultural production, demography, class stratification, landlord land tenure, lease relations, hired labor, handicraft production.*

Постановка проблеми. Дослідження зосередило свою увагу на соціально-економічного розвитку Літинського повіту та приділило увагу аграрній економіці, тваринництві, промислах та демографічних змінах, які відбувалися в цей час. У землеробстві продовжувала існувати трипільна система, яку не використовували при ринкових відносинах. Розводили худобу, але відмовились від ряду галузей, оскільки не було ринку збуту та ринкових механізмів розвитку. Більшість промислів мали сезонний характер і базувались на ручній праці. Повіт залишався одним із найменш заселених у губернії.

Методологія дослідження базується на історичному, статистичному, порівняльному, хронологічному, логічному методах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соціально-економічному розвитку другої половини XIX століття було приділено багато наукових праць. Однак, щодо Літинського повіту майже немає таких досліджень. Хоча існують деякі наукові праці,

присвячені Правобережній Україні, Подільській губернії та певним галузям виробництва. Найбільш вагомий внесок у цій царині, на нашу думку, внесли: Андржейовський А., Вовчук Т., Гульдман В., Геринович В., Гуржій О., Зайцев В., Карапут А., Красовський Я., Косаківський В., Кузьмінець Н., Куниця М., Лазаренко Є., Мороз І., Орлик Ф., Радзієвський О., Черниш А. В. та інші.

Формулювання цілей статті полягає у формулюванні питання про те, які аспекти соціально-економічного розвитку Літинського повіту в період з 1862 по 1872 роки є ключовими для дослідження, а також які проблеми та явища вимагають особливої уваги та аналізу. Це включає питання про: системи господарювання які переважали в регіоні і як вони впливали на продуктивність та економічний стан населення? Як Реформа 1861 р. вплинула на тваринницьку галузь та суспільні відносини тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Площа повіту знаходилась на підвищенні, але була рівною. В деяких частинах порізана горбами, які виконували роль водорозділу басейнів річок Буг і Дністер та їх приток. Річка Південний Буг розділяла повіт на степовий та лісовий. Степова частина займала площу від кордонів Волинської губернії до лівого берега річки Буг. Вона відрізнялась чорноземними родючими ґрунтами. Цю частину називали — забужною. Лісова частина охоплювала південну частину повіту. Вона простягалась від правого берега річки Буг. Її ґрунт був переважно глинистий, і вимагав підживлення. У досліджуваний період її називали — південною.

Всі водойми що протікали по території повіту належали до системи Південного Бугу (Чорноморського басейну). Найбільш значними лівими притоками Бугу були: Іква, Мочихвіст, Домоха, Снивода. З права впадали Згар з притоками Згарком, Бугром, Ітругою, Ровець, Рів. Всі ці річки були малими, і з торгівельної точки зору безперспективними, оскільки були несудноплавними. Їх береги були болотистими, широкими, а місцями не прохідними. Озер у повіті не було.

Ліси у повіті займали площу 72 тис. десятин, що становило 24% всієї площі. З них 40.411 десятин (далі дес.) займали широколистяні ліси. Державні ліси у 1858 р. простягались на 11.131 дес. [1, с. 61]. У степовій частині Літинщини, ліс був рідким явищем. Тут росли переважно: граб, дуб, вільха, осика, клен, ясен, береза, липа, явір, сосна, верба тощо. Дубові ліси здебільшого знаходились на лівій стороні річки Буг. Вони простягнулись від села Дашківці по Дашковецькій, Янівській, Ново-Констянтинівській і Літинській волостях. У вологих місцинах росли переважно осика і верба. Визначити відносну перевагу одних порід дерев над іншими навіть у ті часи, було надзвичайно важко. Слід зазначити що дуб ріс на території від 10% від загальної площі [3, с. 4].

Рентабельне лісове господарство взагалі не велось, окрім державних відомчих дач. У Ново Костянтинівському маєтку князя Кочубея було здійснено спробу вигідно розвивати лісове господарство та вірно його зберігати. Штучним розведенням лісу в повіті не займались. На краю державних лісів почали висаджувати соснові гаї. У даній місцевості існував лише один лісопильний завод, що належав князю Кочубею.

Як бачимо, у лісовому господарстві у досліджуваний період, відсутні потуги підприємницького характеру, які властиві ринковому середовищу.

У пореформений період населення повіту продовжувало займатись сільськогосподарським виробництвом. Площа під полями займала до 183 тис. дес, а це близько 60% від усієї площі. У землеробстві переважала трипільна система господарювання, як у поміщиків, так і у селян. Багатопільна система, яку зазвичай використовують у товарному виробництві, використовувалась мало. Були окремі поміщики, які використовували обидві системи господарювання У селі Гречана поміщик Тржецяка використовував ¾ своєї землі за трипільною системою, тоді як ¼ землі була під багатопільною системою з 12-річною сівозміною, яка включала посилений посів еспарцету. Через наявність у ґрунті вапнякових включень, врожайність тут була високою. За такої системи сівозміни, 1/12 загальної площі удобрювалася суцільним гноєм, у співвідношенні 150 парокінних 25 пудових возів на десятину. Другу частину від 1/12 загальної площі, угноювали лише на половину. Трав'яний посів експарцету займав лише 4/12 площі, озимий 3/12, яровий (переважно ріпак) 4/12. Під паром знаходилось десь біля 1/12 простору [3, с. 1]. В с. Курилівка (орендар Пстронговський) багатопільне господарство завів окремо на площі 140 дес., та виділив його особняком. Знаходилось воно на відстані 6 верст від фільварку. Угноював землю не за правилами. Зміну та черговість посівів здійснював на підставі своїх власних практичних уявлень. У трипільній системі господарювання застосовував штучні добрива, і то лише під посівами цукрового буряка [3, с. 1]. Маєтності що знаходились в оренді у євреїв, що не вели правильного господарювання, поля удобрювались лише виключно під посівами суріпиці (лікарської рослини) [3, с. 1]. У господарствах Літинського повіту добрива вироблялися у незначних кількостях та нераціонально. Поля, що знаходились близько, угноювались часто, а ті що трохи далі — майже ніколи. Причиною було те, що у пореформений період багато панських земель ще не були виділені у селянські. Тому останні, щоб лишній раз не затрачатись, оскільки не відомо кому вони відійдуть, угноювали ті землі, що були біля до села.

Рівень тваринництва у цей час не дозволяв виробляти багато гною. Селяни добре угноювали землі лише під посівами коноплі (в північно-західній частині повіту).

У досліджуваний період майже всі землевласники приходили до висновку, що раціональна та багатопільна система ведення господарства є невідворотною, оскільки трипільна система, яка вимагала значних інвестицій (до 15 рублів на десятину), приносить недостатньо зиску та прибутковості. Відтак, у багатьох господарствах вже розпочинали експерименти з впровадженням багатопільної системи. Так, це були лише спроби, і трипільна система ще проіснує не одне десятиліття, але це вказує на прагнення до підвищення ефективності та прибутковості сільськогосподарських угідь, враховуючи високі витрати на обробку землі за старої системи. А це було не можливо при невідділених полях, спільному користуванні пасовищами, а після збирання хліба — паровими полями й сінокосами.

У селян трипільна система господарювання використовувалась наступним чином: перша зміна готувалася під посів озимого хліба на пар, друга — по зібранню озимого хліба для парових посівів восени, під зяб. Третя залишалася під паром (толокою) до наступного року, тому покривалася гноєм.

Звичайний порядок селянських польових робіт був наступним: перше поле з червня місяця орали під так званий «пар». У другій половині липня переорювали плугом або ралом. З 1 серпня засівали озимим житом або пшеницею, при цьому по часу посів мав назву (з 1 по 15 серпня) першим. З 15 серпня по 1 вересня називали середнім. А з 1 по 15 вересня та пізніше називали останнім. Друге поле оралося пізньою осінню на зиму «під зяб». З початком весни, тобто з квітня місяця, а інколи й з березня, при теплій погоді, все поле засівали яровим хлібом (овесом, ячменем, горохом, сочевицею). Інколи земля з під зябу переорювалась весною. І з першого травня на ньому сіялась гречка або просо. Рубіжним період посіву гречки був час до першої половини червня. Цей проміжок називали Онуфрійком.

У Літинському повіті у досліджуваний період ще в деяких селян та поміщиків Дашковецької волості збереглося підсічне господарство (с. Дашківцях та Іскрині). Селяни, щоб розчистити у лісах від кущів і дерев сінокісні поляни, вирубували дерева та кущі, а їх коріння викопували. Отриману площу засівали просом три роки підряд, а вже потім іншими видами хлібів. Просо маючи високу стійкість до важких ґрунтових умов, швидко відновлювало родючість землі [4, с. 157]. Після реформ 1860-х років, малоземелля стало ключовим фактором, що змушував селянські домогосподарства затрачати значні трудові ресурси у розширення своїх земельних володінь. З погляду селян, ці дії були виправдані необхідністю адаптації до обмежених ресурсів та забезпечення своїх потреб у продовольстві. Однак, з погляду поміщиків, які вважали себе співвласниками лісових ресурсів, такі методи господарювання призводили до значних економічних втрат. У пореформений період, коли чітке розмежування земельних ділянок (полів, луків, пасовищ, лісів тощо) ще не було встановлено, поміщики відчували себе потерпілими від неконтрольованого використання лісових масивів селянами.

Способи ведення господарства у Літинському краї були різноманітні. В одних маєтностях, обробіток полів проводився власними силами, а на збір хліба запрошували найманих (літніх робітників). Другі використовували як свою, так і найману робочу силу. Треті віддавали землю по десятинах в оренду. Величина оренди коливалась від 3 руб 75 коп. до 5 руб. 50 коп. Також віддавались певні ділянки землі під визначений відробіток. Це була переважно оранка полів. Зазвичай за обробіток економії 10 десятин під озимий засів віддавали селянину 5 десятин. За оранку під яровину — 10 десятин [3, с. 2].

Господарство власними силами велось лише там, де був достатній оборотний або накопичений капітал. Збирання хліба наймитами здійснювався шляхом винагороди робітників хлібом, в міру врожайності. У врожайний рік, за збір 6 копиць пшениці, або за 5 копиць жита робітнику віддавали 1 копну. Величина врожаю та якість зерна впливали на збільшення або зменшення винагороди снопами за роботу. Місцевий селянин у літню пору надавав перевагу помірному хлібному заробітку, а не самій високій платні. Він спочатку запасався хлібом, а вже потім працював за готівку [3, с. 2].

Фільварок під час збирання хліба знаходився у повній залежності від працівників, оскільки зібрати хліб за гроші власники не завжди могли. Це було можливим лише при умові, що у селян повністю на полях був зібраний хліб. В орендованих маєтностях, вся відповідальність за обробіток землі та збір врожаю лежала на орендарі. Але врожай ділився із власником пополам. В малоземельних економіях орендар давав насіння, а поміщик землю. Зібраний врожай також ділився пополам. Відання землі в оренду, у той час, було дуже не вигідною формою господарювання, оскільки податки, ремонт будівель, адміністрування лягали на плечі власника [3, с. 3]. Однак у пореформений період, коли втратили робочу силу, а землі ще не розмежували, коли в країні була загальна невизначеність через важку для розуміння, погано виписану Реформу, така форма господарювання вважалась вигідною для отримання прибутку.

Ведення господарства власними робітниками, вимагало значної кількості справного інвентарю. Але в більшості маєтків реманент був поганої якості, і його не вистачало.

Маєтності, як великі, так і маленькі, досить часто віддавали в оренду євреям, а іноді й полякам. Число орендованих фільварків співвідносилось приблизно як 40 до 100. Більш значні оренди існували в маєтностях: Воронинці, Тараски, Широка-Гребля, Томашпіль, Філіопіль, Багринівці, Дашківці, Ксаверівці, Слобідці, Іскрене, Пеньківці, Яцківцях, Байківці, Микулинцях, Літинці, Старій Синяві, Паплинцях,

частині Ново-Костянтинівського маєтку, Курилівці, Стодульцях, Сербинівці, Пустовійтах, Подорожньому, Крупенях, Семаках, Майдані-Літинецькому, Стасев-Майдані, Кусиківцях, Лип'ятині, Морозівці, Чернятинцях та інших.

Були особи які орендували такі садиби, але не завжди платили гільдії, тому ці оренди не вважали купецькими [4, с. 158]. Що до дрібних землевласників, то вони рідко віддавали землю в оренду.

Озимі та ярові зернові складались із наступних хлібів: озиме жито (secale cereale hibernum, Linn.), це було холодостійке зимове жито, що добре переносило низькі температури. Воно могло витримувати заморозки, що робило його придатним для вирощування в помірних і холодних регіонах. Його урожайність варіювалася залежно від кліматичних умов та ґрунту. Воно мало середню урожайність, але його стійкість до несприятливих умов компенсували цей недолік.

Озима пшениця (triticum vulgare, hibernum, Linn) була підвидом звичайної пшениці (Triticum vulgare). Це була холодостійка культура, що добре переносила низькі температури й могла перезимувати. Вона вимагала достатньої кількості опадів і вологості в ґрунті для успішного росту і розвитку. Її сіяли двох сортів: білу гладку або «сандомирка» та кубанку. Висівалися в південній частині повіту, оскільки вимагала суглинистого ґрунту. Зазвичай давала високі врожаї, оскільки її стійкість до низьких температур була перевагою. Червона «остиста» сіялась переважно в степовій частині повіту.

З ярових висівали овес (Avena sativa, Linn.) був холодостійкою культурою, яка добре росла в помірних широтах. Він потребував достатньої кількості опадів і вологості в ґрунті. Давав високі врожаї, особливо у дощові роки. Ячмінь (hordrum vulgare, Linn.) був відносно швидко зрілою культурою, яка добре росла в різних кліматичних умовах. Потребував достатньої кількості вологи й тепла. Сіяли також nросо (panicum miliacuni; Linn.) відоме як чумиза. Воно було одним з найдавніших зернових культур, яке широко використовувалося в різних регіонах світу. Це просо було теплолюбною культурою. Потребувало достатньої кількості вологи і тепла для успішного росту і розвитку. Його зерно використовувалося для виробництва борошна, каші, висівок, корму для тварин та інших продуктів. Зазвичай давало високі врожаї, якщо рік був теплим при достатній кількості опадів. Популярність мала гречка (polygonum fagopyrum, Linn.), яку ще називали гречаною пшеницею. Вона була теплолюбною культурою, яка добре росла в помірних і холодних широтах. Для доброго росту також потребувала достатньої кількості вологи й тепла. Добре витримувала низькі температури й заморозки. Її урожайність могла бути високою за умови оптимального догляду. Сіяли також горох (pisum vulgare, Linn.). Це була теплолюбна культура, яка добре росла на території Поділля. Він потребував достатньої кількості вологи й тепла для успішного росту і розвитку. Давав високі врожаї, особливо у теплі та дощові роки. У середині XIX століття, урожайність гороху в Європі та Північній Америці становила в середньому від 4 до 8 тонн з гектара, це приблизно — 976,8–1.953,6 четвертин. Все залежало від сорту, кліматичних умов і агротехніки. Мала попит і сочевиця (ervura lens, Linn.). Це бобова культура, яка широко використовувалася як в їжу, так і в корм для тварин. Вона була теплолюбною культурою, яка добре росла на літинських землях. Культура потребувала достатньої кількості вологи й тепла. Досить непогано витримувала низькі температури й заморозки. Зерно сочевиці використовувалось для приготування різноманітних страв, таких як супи, каші, затірки та інші. Сочевиця використовували як корм для тварин, особливо для свиней і птиці. Її зелену масу вживали як зелений корм або силос.

Головною культурою у посівах поміщиків була пшениця, а в селян — жито. У поміщиків співвідношення величини посіву пшениці до жита рівнялась 3: 2. А в селян 1: 4. Цікавим є співвідношення овесу до інших культур. У поміщиків воно рівнялось як 3: 1, а в селян 2: 2.

У панських господарствах середньої руки зазвичай висівали: жита — 15 четвертин; пшениці — 10, гречки — 7, проса — 2, ячменю — 6, гороху — 3, сочевиці — 1,5, овесу — 24.

У середньому селянському господарстві висівали: жита — 1 четвертину, пшениці — 0,5, гречки — 0,5, проса — 0,5, ячменю — 0,5, гороху — 0,5, сочевиці — 1, овесу — 1 четвертина [4, с. 158].

У трипільних господарствах північної частини повіту озимий хліб (пшениця і жито) складали 1/3 або ½ всього посіву. Ліворуч річки Ікви сіяли більше жита. Вздовж її течії та на правому березі — більше пшениці. По обидві сторони річки Сниводи висівали багато пшениці. Багато полів було під цукровим буряком. Причиною того була наявність поряд трьох цукрових заводів (Уланівського, Войтовецького та Уладівського). З ярових культур овес займав майже 0,5 ярової зміни. Ячменю та гречки — 1/8 зміни. гороху дуже мало. Щоб краще зрозуміти динаміку посівів та зібраних урожаїв, ми використаємо показники за три роки 1870–1872 рр.

Так в 1870 р. озимої пшениці у Літинському повіті посіяли — 19 тис. четвертин (далі четв.). У 1971 р. цей показник становив — 29 тис. четв., а в 1872 р. — 31 тис. четв. Як бачимо, динаміка посівів ішла на збільшення. Жита в 1870 р. висіяли — 31 тис. четв., в 1871 р. — 37 тис. четв., в 1872 р. — 39 тис. четв. З ярових культур висіяли яру пшеницю — 1871 р. — 5 тис. четв., в 1872 р. — 7 тис. четв. Овесу посіяли в 1870 р. — 56 тис. четв., в 1871 р. — 48 тис. четв., в 1872 р. — 42 тис. четв.. Ячменю в 1870 р. посіяли найменше із всіх культур — 9 тис. четв., в 1871 р. — 21 тис. четв., в 1872 р. — 13 тис. четв.

Подібна картина спостерігалась і з гречкою, де величина висіяного в 1870 р. становила — 10 тис. четв., в 1871 р. — 13 тис. четв., в 1872 р. — 12 тис. четв.. Величина висіяних всіх інших ярових хлібів у 1870 р. становила — 21 тис. четв., в 1871 р. — 8 тис. четв., 1872 р. — 8 тис. четв. [6, с. 18–19].

Врожайність зернових культур залежала від багатьох чинників. Клімат, погодні умови, кількість опадів та температура впливали на ріст та розвиток рослин. Несприятливі погодні умови, такі як посухи, заморозки або надмірні дощі, могли значно знизити врожайність. Неостанню роль відігравали — якість насіння, рівень угноєння землі та використання добрив, методи обробки ґрунту тощо. У пореформений період багато господарів використовували традиційні методи, які часто були менш ефективними. Однак не дивлячись на всі труднощі з обробітком землі та якістю насіння, у Літинському повіті збирали досить не погані врожаї хліба. Так в 1870 у повіті було зібрано озимої пшениці — 93 тис. четв., що приблизно рівнялось 8.979.515 тонн. Якщо взяти до уваги, що посіяно в цьому році було 19 тис. четвертин, то різниця прибутку становитиме 74 тис. четв. (357.2535 тонн.). В 1871 р. було зібрано — 74 тис. четв (+ 45 тис. четв.), в 1872 р. — 53 тис. четв. (+ 22 тис. четв). Що ж до жита, то в 1870 р. його було зібрано 153 тис. четв. (+ 122 тис. четв.). В 1871 р. величина збору 107 тис. четв. (+ 70 тис. четв.), а в 1872 р. — 58 тис. четв. (+ 19 тис. четв.). Як можна бачити із поданих показників, врожайність озимих культур з кожним роком зменшувалась. Але господарі все одно залишались з прибутком, хоча і невеликим. Що до ярових культур, то величина була наступною. Ярової пшениці в 1870 р. не сіяли, тому відсутні показники збору. В 1871 р. цієї культури зібрали 9 тис. четв (+ 4 тис. четв.), у 1872 р. — 10 тис. четв. (+ 3 тис. четв.). В 1870 р. досить непогану врожайність мав овес — 168 тис. четв. (+ 112 тис. четв.). В 1871 р. цей показник становив — 122 тис. четв.(+ 74 тис. четв.), а в 1872 р. — 107 тис. четв. (+ 65 тис. четв.). Величина зібраного ячменю в 1870 р. також не велика — 27 тис. четв. (+ 18 тис. четв.), в 1871 р. — 44 тис. четв. (+ 23 тис. четв.), в 1872 р. — 14 тис. четв. (+ 1 тис. четв.). Показник зібраної гречки в 1870 р. був також не великим — 30 тис. четв. (+ 20 тис. четв.), в 1871 р. — 35 тис. четв. (+22 тис. четв.), в 1872 р. — 24 тис. четв. (+ 12 тис. четв.). Що до решти посіяних хлібів, то у 1870 р. їх зібрали — 18 тис. четв. (– 3 тис. пудів), в 1871 р. — 20 тис. четв. (+ 12 тис. четв.), в 1872 р. — 24 тис. четв. (+ 16 тис. четв.) [6. с. 52–53].

Як бачимо із поданих таблиць та графіків, посіви озимої пшениці, жита та ярової пшениці демонстрували тенденцію до збільшення з 1870 по 1872 рік. Овес та ячмінь, навпаки, показували зменшення посівних площ. Гречка та інші ярові культури мали незначні коливання в обсягах посівів. Попри збільшення посівних площ озимої пшениці та жита, врожайність цих культур зменшувалася з кожним роком. Це може свідчити, як на нашу думку, лише про несприятливі погодні умови, оскільки якість насіння та методи обробки землі у господарствах на проміжку десятиліть були не змінними. І хоча врожайність зменшувалася, господарі все ж отримували прибуток, хоча і невеликий. Це свідчить про те, що навіть за умов зниження врожайності, обсяги збору зерна були достатніми для покриття витрат на посів та отримання певної кількості прибутку.

Таблиця 1

Дані для посівів (тис. четв.)

Рік	Озима пшениця	Жито	Яра пшениця	Овес	Ячмінь	Гречка	Інші ярові
1870	19	31	0	56	9	10	21
1871	29	37	5	48	21	13	8
1872	31	39	7	42	13	12	8

Таблиця 2

Дані для врожайності (тис. четв.)

Рік	Озима пшениця	Жито	Яра пшениця	Овес	Ячмінь	Гречка	Інші хліби
1870	93	153	0	168	27	30	18
1871	74	107	9	122	44	35	20
1872	53	58	10	107	14	24	24

Таблиця 3

Дані для прибутку (тис. четв.)

Рік	Озима пшениця	Жито	Яра пшениця	Овес	Ячмінь	Гречка	Інші хліби
1870	74	122	0	112	18	20	-3
1871	45	70	4	74	23	22	12
1872	22	19	3	65	1	12	16

Середній врожай у пореформений період складав 6 коп. з десятини озимого і 8 коп. з десятини ярового хліба. Цікаво, що в степовій частині він бував зазвичай кращим ніж у південній. В південній частині родючість озимого хліба складала — 3 сам., а яровий — 4 сам. Цілком ймовірно, що озимі хліба давала врожайність 3 четверті з десятини; ярова пшениця, ячмінь та овес давали врожайність 4 четверті з десятини; гречка по 3 четверті з десятини. Якщо перевести у сучасну систему виміру, то врожайність зернових була наступною: озимий хліб: 0,494145 тонн з десятини; яровий хліб: 0,65886 т.; овес: 0,65886 т.; ячмінь: 0,65886 т.; гречка: 0,494145 т.. Це врожайність з 1 десятини, яка дорівнювала приблизно 1,0925 гектара або 10925 квадратних метрів.

Південна часта повіту давала в середньому наступний врожай з десятини: жито — 8 копиць; пшениця — 9 копиць, ячмінь — 7; овес — 8; гречка — 7,5; просо — 8; сочевиця — 4 фури (3,5 корця — 573,3 кілограма, далі кг). У степовій частині пшениця давала сам — 5; жито сам — 7; ячмінь сам — 5; [3, с. 4]. Повіт задовольнявся місцевим хлібом. Степова частина мала великі врожаї проса

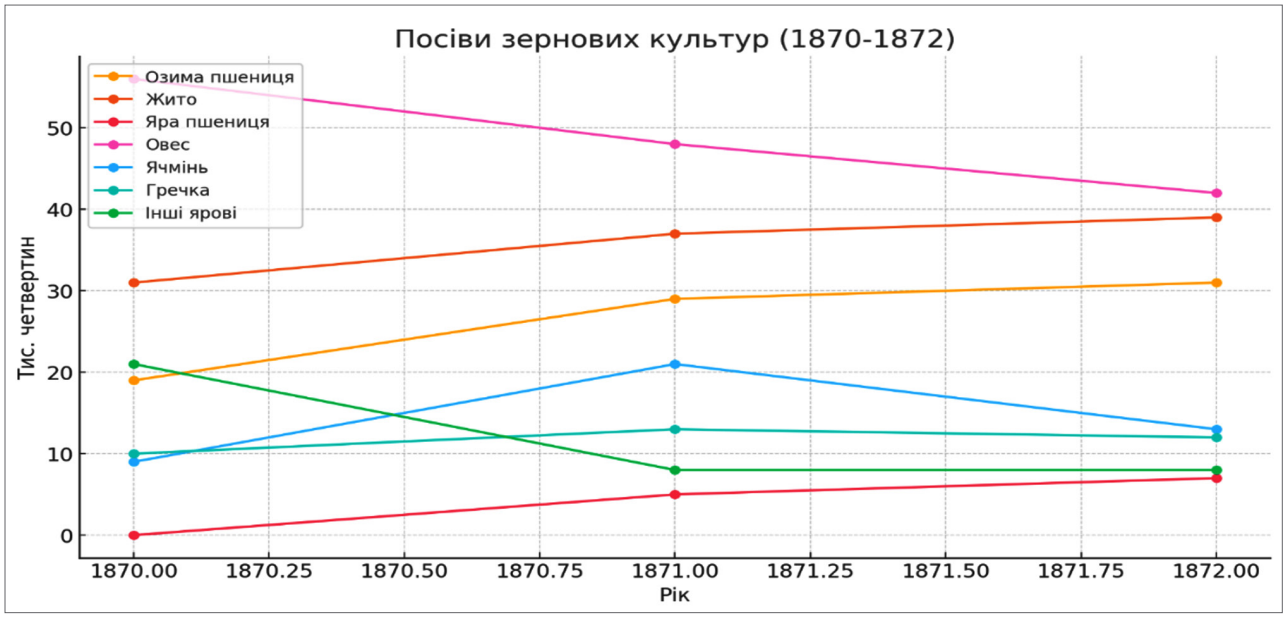


Рис. 1. Посіви зернових культур (1870–1872 рр.)

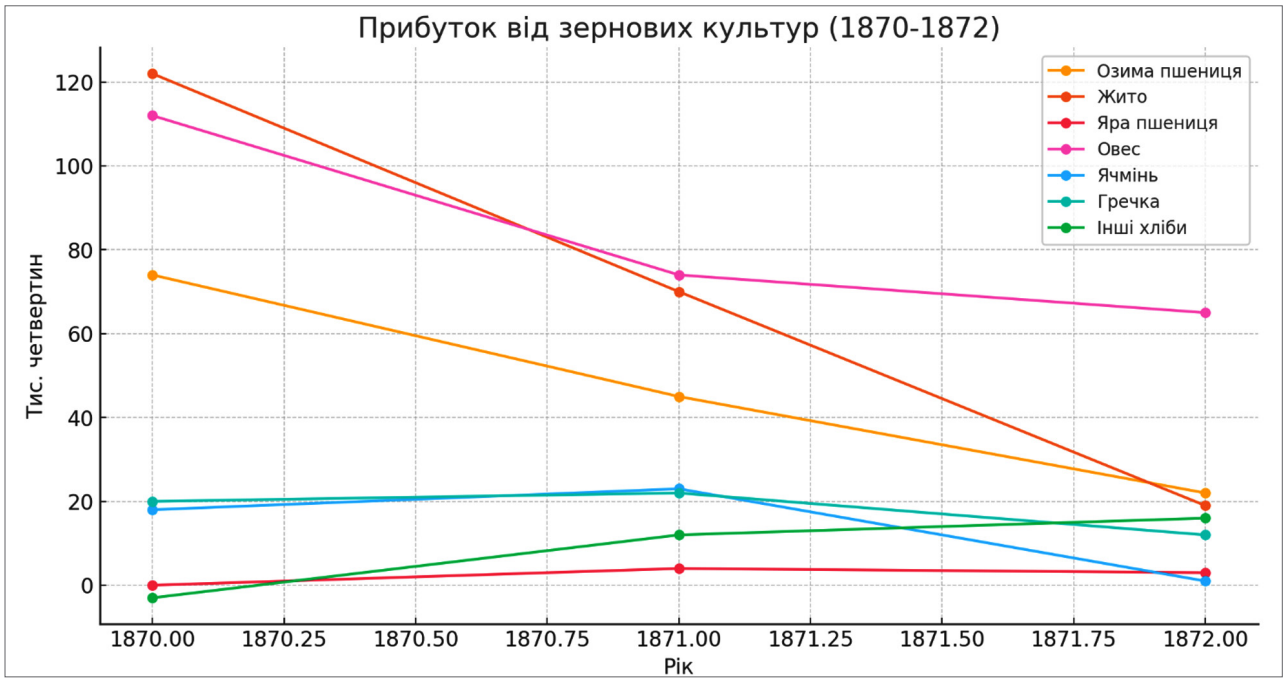


Рис. 2. Прибуток від зернових культур (1870–1872 рр.)

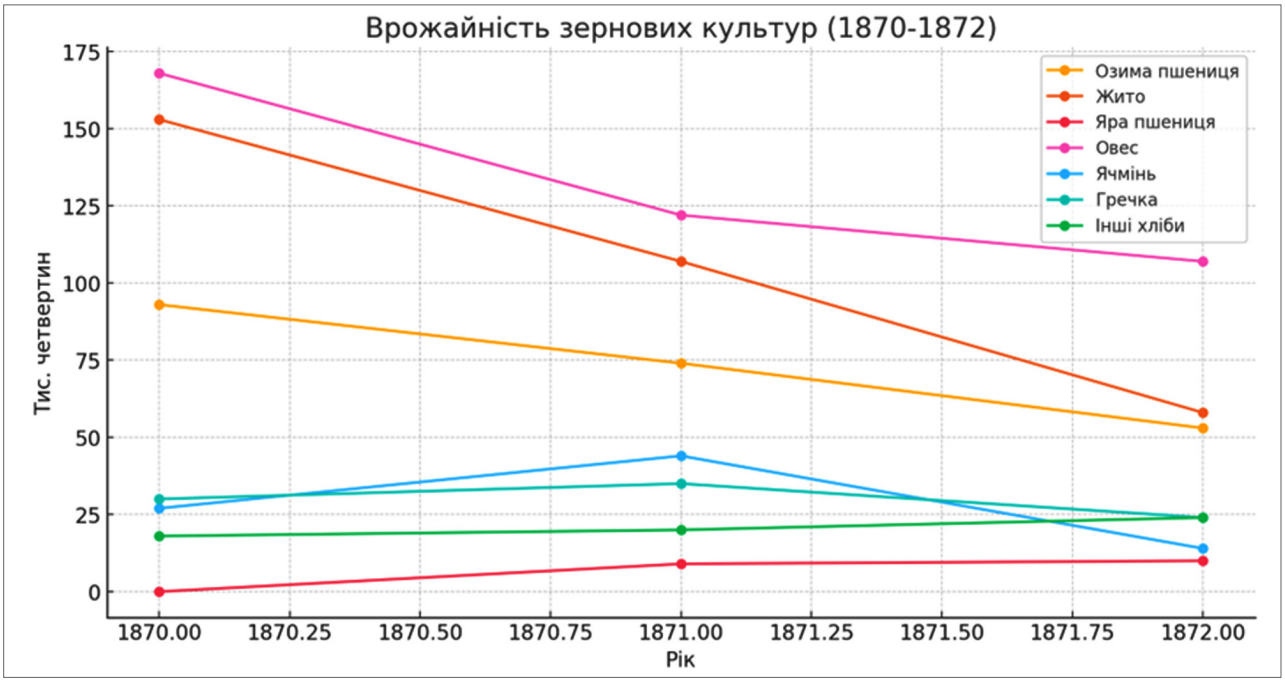


Рис. 3. Врожайність зернових культур (1870–1872 р.)

та овесу та забезпечувала ними лісову частину. На проміжку 10 років: 3 роки був хороший врожай; 4 роки середній і 3 роки неврожайні. Неврожайний рік тут бував тоді, коли весна і літо були сухими. Також неврожай наступав коли рано випадало багато снігу, тоді весною вимокав озимий хліб. Інколи пізні посіви були також причиною недороду. Зерна не встигали сильно вкорениться, а від того вимерзали [2, с. 92].

Нестачі хліба ще не було. Не врожайність року покривалася запасами попередніх років. У неврожайні роки привозили жито з Галичини, через Волочиськ. Неврожаї ярових бували рідше ніж озимих. Жито страждало від посухи найбільше восени. Дошкуляли сніги, які впали на ще незамерзлу землю. Пшениця навпаки, більше пропадала навесні від посухи та вітру.

Надлишок жита перероблявся на винокурнях. Пшениця переважно перемелювалась на муку на місцевих млинах, після чого розвозилася по містечках. Частина її відправлялась у міста Хмільник та Житомир і лісові повіти Волинської губернії. Місцеві селяни майже не вживали пшеничної муки. При помелі червона пшениця додавалась до білої, як необхідна домішка. При великому урожаї, пшеницю, переважно білу, поміщики відправляли до Одеси. Селяни збували надлишки хліба на винокурні, євреям та продавали на базарах.

Що до коренеплідних рослин, то найбільш популярними були: картопля, ріпа, морква, червоний буряк, редис тощо. Картопля вважалася однією з основних продовольчих культур, яка використовувалася для харчування селян. Вона могла рости в різних умовах і на різноманітних типах ґрунту. Мала непогану врожайність на одиницю ґрунту. Вона добре зберігалась на проміжку тривалого часу, що дозволяло селянам мати запаси продовольства майже на проміжку року. Її полюбляли як селяни, так і поміщики. Тому не дивно, що величина її посадки з року в рік були значними. Так в 1870 р. було посіяно 51 тис. четв., в 1871 р. — 21 тис. четв., в 1872 р. — 18 тис. четв. Врожайність цієї культури була наступною: 1870 р. — 110 тис. четв (+ 59 тис. четв.); у 1871 р. — 69 тис. четв. (+ 48 тис. четв.); у 1872 р. — 52 тис. четв. (+ 34 тис. четв.) [6, с. 18–19, 52–53]. Картопля становила не лише значну частину селянського щоденного раціону, особливо взимку, коли інші овочі були недоступні, але й використовувалася як корм для домашніх тварин, особливо для свиней. Садили її пропорційно місцевим потребам у харчах, виключно на городах. Продавали восени та весною, у невеликих кількостях на базарах великих містечок.

Сіяли у повіті також льон та коноплі, але переважно для домашнього споживання. З насіння льону давили масло, яке додавали до їжі. З стебла льону виокремлювали волокна, які довго чесали. З чесаного волокна робили пряжу. З пряжі робили нитки, з яких за допомогою ручних ткацьких верстатів виготовляли тканину. Лише окремі маєтності сіяли льон для продажу. Торгівля цією культурою приносила хороші прибутки. Селяни Багриновецької волості займалися вирощенням коноплі та льону для продажу. Сіяли ці культури у низинних місцевостях та на лісових полянах. Землю під коноплі зазвичай сильно зволожували. З коноплі також робили волокно, яке використовувалося для виготовлення тканин. Така тканина була міцною та довговічною. Ці тканини використовувалися для виробництва одягу, постільної білизни, шпагату, мотузки тощо. Ці маслянисті

культури в селянському й поміщицькому господарствах займали 1/40 засіяних земель. Конопляне волокно продавали на базарах торгівцям євреям, які відвозили його в Бердичів та Старо-Костянтинів.

Також на городах сіяли соняшник, гірчицю, мак, петрушку, пастернак тощо. Баштанних культур у повіті садили мало, від чого кавуни та дині були дорогими. Сіяли їх переважно на місцях вирубаного лісу, а не на піщаних пагорбах, як то робили на Лівобережжі (Малоросії) [3, с. 5]. Тютюнництво спостерігалось лише в південній частині повіту, недалеко від м. Бар (Могилівського повіту). Сіяли лише два сорти — гладкий та бакун. В с. Ястрембцях поміщик Олексій Пятина сіяв тютюн на великій плантації. Селяни Овсяниківської та Почапинецької волостей також сіяли на городах, але низьких сортів, переважно бакун, для власного споживання. Надлишки скуповувались євреями, і вивозились у російські губернії.

Промислового характеру у повіті набрало вирощення цукрового буряка. Бурякові плантації знаходились переважно у північно — східній частині повіту, майже у всіх економіях. Його вирощенням займались також селяни та духовенство. Плантації охоплювали площу від 10 до 250 дес. Як вже зазначалось вище у повіті діяло три цукрових заводи. За берковець (11 пудів) з доставленням на завод платили зазвичай 1 рубль. Бувало, що річний прибуток від буряка перевищував вартість землі. В Курилівській економії в І867 році, наприклад ділянка в 12 десятин дала 2000 берковців, а 1868 року — 1500. З іншого боку, близькість цукрових заводів вбивало сільське господарство, оскільки заводи «притягували» до себе робочу силу, яка при нормальній середній платні, не хотіла найматись на сільськогосподарські роботи. Цукровий буряк вимагав добре вгноєних полів, але при нерозділеній землі, поміщики не хотіли вкладатися у невідомо чию землю. Тому земельна невизначеність у пореформений період виснажувала землю, і робила її мало продуктивною.

У пореформений період повіт славився своїми садами. Їхня площа сягала 3.227 десятин [8, с. 190]. Вони тут були найрізноманітніші. Починаючи від невеличких (зазвичай вишневі), які існували майже в кожній селянській садибі, до великих панських. Сад був ніби атрибутом кожного господаря, особливо в південній частині краю. В степовій частині вони зустрічались значно менше. Лише на кордоні з Волинською губернією траплялись села, де садки були відсутні. Місцеві жителі вірили, що фрукти ці ростуть для загального споживання, і є надбанням кожного.

Промислового характеру садівництво набуває лише по лінії паралельно м. Меджибіж Летичівського повіту. Існували також лісові сади (садки) з дикорослими переважно фруктовими деревами. Ці садки являли собою одну із форм тутешнього поземельного устрою селян. Були навіть селяни, які володіли лише садками, і при цьому не мали польового або садибного наділу. Найбільші сади знаходились у селах: Голодьках, Сандраках, Пеньківці, Яцківцях, Курилівці, Багринівцях, Лукі-Барській та Широкій Греблі. У поміщиків великі сади знаходилися в маєтностях: Старій-Синяві, Митник, Курилівці, Сандраки, Семаках, Сербинівці, Боркове, Дашківцях, Головчинцях, Стодульцях., Северинівці, Комарівцях, Чернятине, Маньківцях, Петранях, Осолинці, Сахнах, Митинцях, Кожухове, Куманівцях й Требухах. Також сади знаходились і в м. Літин при будинках панів Родкевича, Рутковського, Радзевського, Тарановського й Залевських. В Межирівській волості площа садів перевищувала ½ всієї садибної землі (568 дес. 943 кв. саж.). Ряд поміщиків віддавали свої сади в оренду росіянам (старообрядцям), яких тут називали філіпонами. Малі сади в оренду не віддавались. Ціна оренди залежала від пори року, густоти цвітіння, кількості плодів тощо. Якщо літо не сприятливе, то договір змінювався, і власник міг залишитись лише із задатком. За деякі поміщицькі сади платили 300 руб. орендної плати. Селянські сади здавались, що було рідкісним явищем, за 5–20 руб. Збір фруктів міг принести селянам від 8 до 50 руб. [3, с. 6].

В садах що вирощувалися з промисловою метою вирощувалися вишні (primus cerasus), грушки, яблуні, сливи, черешні. В поміщицьких садах росли персики, абрикоси, барбарис, смородина (чорна та червона), малина, аґрус. В с. Багринівцях особливо багато збирали слив, які везли на продаж у Москву. В Хмільницькому фільварку був сад, де вирощували акліматизоване шовковичне дерево (morus nigra) і рослину що давала шовкове волокно (asclepias syriaca Linn).

Весною та восени селяни прищеплювали дерева хорошими сортами та підсаджували молоді високопродуктивні дерева. На зиму старі дерева обмащували жовтою глиною, а молоді обгороджували огорожею та замотували соломою.

Плоди продавали свіжими та сушеними. Сушили на сонці, за допомогою сушарок та печі. Сушені плоди (сушню) продавали євреям пудами на виготовлення квасу. Сушені сливи в бочках доставлялись у сусідні повіти, губернії та центральні райони Росії. З свіжих плодів робили варення, повидла, постілу тощо. З вишень робили наливку — вишнівку, яку також продавали.

Свіжі фрукти збувались у центральних російських губерніях, місцевих базарах, у містах Бердичів, Хмільник, Київ, Херсон тощо.

Виноградників у повіті майже не було, а ті поодинокі що траплялися в поміщицьких садах, рідко достигали.

Крім хліборобства у повіті займались ще тваринництвом. Спеціальних пасовищ, вигонів для худоби не було. Вона паслась на луках до 9 травня. Літом випускали її на пари (толоки), а восени паслась по стерні по скошених полях. Після покосу першої трави та отави, на сінокоси також запускалась худоба.

В степовій частині пасовища частіше траплялись у лісах, і дуже рідко в степу для худоби виділялась площа під пасовище. Селяни дуже дорожили даровим загальним пасовищем на толоці, який складав єдиний вид землеробського сервітуту. Також селяни багатьох сіл мали лісові поляни під сінокоси (та садки). В степові частині сінокоси поступово зникали, оскільки їх власники розорювали з метою збільшення земельних угідь. Штучних луків або штучно зрошених не було. На півдні повіту у лісах ще зустрічались мокрі луки, але сіно з них було хорошої якості. Там ріс дикий еспарцет та перійка.

В заможних панських господарствах щорічно висівалась мішанка у паровій зміні на свіжому гної. Після скошування мішанини, ґрунт переорювали під вирощування пшениці. В інших господарствах сіяли еспарцет на відведених полях на проміжку 7–9 років. В с. Гречанім еспарцет входив у сівозміну багатопрофільного господарства. Селяни інколи сіяли траву на городах та в садках, переважно люцерну, еспарцет і тимофіївку. Косили її на проміжку 6–7 років підряд. При дощовому літі траву збирали до 3 разів в рік.

Розвиток тваринництва у Літинському повіті у 1862–1872 рр. виражався у вирощені робочої худоби, великої рогатої худоби, дрібної худоби (овець, кіз), свиней, птахів, розведення бджіл. Ця галузь у досліджуваний період велась головним чином для господарських потреб, і дуже мало на продаж. Розводили переважно тварин місцевих порід, оскільки вони були добре пристосовані до природних умов краю. Тваринництво орієнтувалось на забезпечення силою сільськогосподарських робіт. З цією метою розводили волів та коней. Для обробки полів використовували волів. Оскільки землю обробляли важким плугом, то віл як сильна та витривала тварина підходила для цієї роботи як найкраще. Він був здатним тягнути важкі плуги та інші сільськогосподарські знаряддя. Його також використовували для транспортування вантажів та виконання різних сільськогосподарських завдань. Ця тварина легко адаптувалась до різних кліматичних умов, могла працювати протягом тривалого часу без перерви, легко навчалася і була добре контрольована. Коштувала дешевше ніж кінь, та була невибаглива до харчування. Коні використовувались для більш легшої роботи: боронування полів, сівби, збирання врожаю, пересування та транспортування товарів, перевезення людей, їзди верхом тощо. І хоча віл був економічно вигіднішим, поміщики й селяни у пореформений період все більше переваги надавали коням. Старих волів, виснажених роботою, підкормлювали бардою і продавали гуртовикам, які гнали їх в м. Влодаву (Седлецької губернії) для продажу. В одній із заможних економій степової частини повіту на 500 десятин ріллі утримували 24 воли, 50 коней. Також тут годували 20 корів та 50–100 биків (залежно від року) які давали приплід 80 голів телят та лошат [3, с. 9]. Розрахунок худоби йшов наступним чином: на 1 десятину польової землі — 1 кінь, 1 віл, 1 шт. вигульної худоби й 1 шт. дрібної. Тобто 4 голови на 1 десятину. Селяни у степовій частині мали на 1 десятину по 1 шт. робочої та вигульної худоби або 5 шт. на двір, або 2 шт. на душу. З року в рік воли все більше зникали із селянських господарств повіту та замінювались на коней.

У південній частині повіту припадало про 4 шт. худоби на 1 колишній тяглий двір, і по 2 шт. на напівтяглий. У Межирівській волості, що знаходилась у самій південній частині повіту, селяни утримували худобу у наступній пропорції: у селі. Северинівці на кожний двір припадало по 2 штуки великої худоби, 3 середньої й 4 дрібної; у с. Сербинівці — по 1 великої, 3 середньої, 5 дрібної; у с. Слобідці-Межирівській — по 2 великої, 2 середньої та 3 дрібної; в м. Межирів — по 1 великої, 3 середньої та 4 дрібної; у с. Мартинівці — по 1 великої, 1 середньої та 4 дрібної; у с. Коростівцях — 1 великої, 1 середньої та 3 дрібної; у с. Коростівцях — по 2 великої, 1 середньої і 2 дрібної; у с. Рів — по 2 великої, 1 середньої і 1 дрібної; у с. Беликівцях — по 2 великої, 1 середньої і 4 дрібної, або загалом на кожний двір у волості середнім числом по 5/8 великих. З/7 середніх і З дрібних. На душу — по 1/3 великої, 1,5 середньої і 2,5 дрібної худоби [3, с. 10].

Взимку велику рогату та дрібну худобу годували соломою, переважно пшеничною, вівсяною, просяною та сіном. Дійна худоба годувалась половою та сіном. Коням давали овес, ячмінь, солом'яну січку. Влітку худоба перебувала на підніжному кормі.

Гуртовим тваринництвом у пореформений період ніхто не займався. До 1861 р. у великих господарствах ще розводили тонкорунних овець. Фільварки торгували вовною по 20 руб. за пуд. У пореформений період поміщики вирішили, що це їм не вигідно, тому вівчарство було ліквідовано, або зменшено кардинально поголів'я. Динаміку зміни поголів'я худоби до і після реформи 1961 р. ми можемо прослідкувати по наступних показниках: в 1856 р. коней у повіті зафіксовано — 9.746 шт., великої рогатої худоби — 19.713 шт., овець — 30.227 шт., свиней — 18.559 шт., кіз — 925 шт., віслюків — 19 [7, с. 100–101].

Станом на 1866 р. у повіті нараховувалось: коней — 18.972 шт., великої рогатої худоби — 36.048 шт., простих овець — 27.788 шт., тонкорунних — 12,875 шт., свиней — 20.372 шт., кіз — 7.437 шт., віслюків — 88 шт. Всього на утримані було — 123.579 шт. худоби [8, с. 189]. У 1869 р. поголів'я коней дещо виросло, і становило — 23.100 шт., великої рогатої худоби — 28.300 шт., простих овець — 33.000 шт., тонкорунних — 18.000 шт., кіз — 1.100 шт., свиней — 20.900 шт. Всього нараховувалось у повіті — 124.500 голів худоби [5, с. 78].

Як видно із поданих таблиці й графіків, після реформи 1861 року відбулося загальне зростання тваринництва, зокрема у вирощуванні коней і великої

рогатої худоби, хоча деякі інші види тварин значного приросту не показали. Але слід пам'ятати, що до великої рогатої худоби включалися і воли.

Покращене тваринництво велось у малих розмірах в маєтностях поміщиків Дорожинських в с. Теліжинцях (Старо-Синявської волості). Кілька років назад він купив на Ярмолинецькому ярмарку трьох корів і одного бичка тирольської породи, яких розводив для домашнього господарства [3, с. 26].

Кінних фабрик не було, а коней при потребі купляли на ярмарках в м. Жашкові (Київської губернії), Балті, Вінниці, Барі, Брацлаві, Меджибожі, Ярмолинцях.

Також майже у кожному дворі розводилась різноманітна птиця. Найбільш поширеними були: кури, гуси, індики, качки тощо. За птахами особливо не наглядали. З весни до пізньої осені птахи були переважно на підніжному кормі. Лише взимку господарі мусили подбати про своїх птахів. Відгодовувалась лише та птиця, яка мала йти на продаж. Птахівництво приносило своїм господарям яйця, м'ясо, перо та пух. Найчастіше яйця та птахів у селян скуповували євреї. Також птицю можна було продати на базарах. Птахофабрик у повіті не було, і гуртовим птахівництвом ніхто не займався.

На відмінно від інших повітів Подільської губернії, у Літинському повіті приділяли, хоча і не велику, увагу рибальству. На річках і їх притоках поміщики робили озера, де розводили рибу. Рибу ловили сітками та продавали місцевим євреям та старообрядцям. Інколи такі озера віддавали в оренду. Платня становила від 50 до 200 руб. в рік. В озерах розводилась: щука, карась, линок та плітка. До риболовлі залучали до 10–12 осіб, яким платили щоденно. При великому вилові, рибу складали у вербові кошики та везли на продаж. Вилов продавали на базарах та вивозили у найближчі містечка. Возили її на продаж і у міста Бердичів, Вінницю, Літин,

Таблиця 4

Поголів'я худоби у повіті в різні роки

Рік	Коні	Велика рогата худоба	Прості вівці	Тонкорунні вівці	Свині	Кози	Віслюки	Всього худоби
1856	9746	19713	30227	-	18559	925	19	79189
1866	18972	36048	27788	12875	20372	7437	88	123579
1869	23100	28300	33000	18000	20900	1100	-	124500

Таблиця 5

Зміна поголів'я худоби у відсотках (вихідний рік 1856)

Рік	Коні (%)	Велика рогата худоба (%)	Прості вівці (%)	Тонкорунні вівці (%)	Свині (%)	Кози (%)	Віслюки (%)	Всього худоби (%)
1866	194,6	182,8	91,9	-	109,8	804,5	463,2	-
1869	237,1	143,5	109,1	-	112,6	118,9	-	-

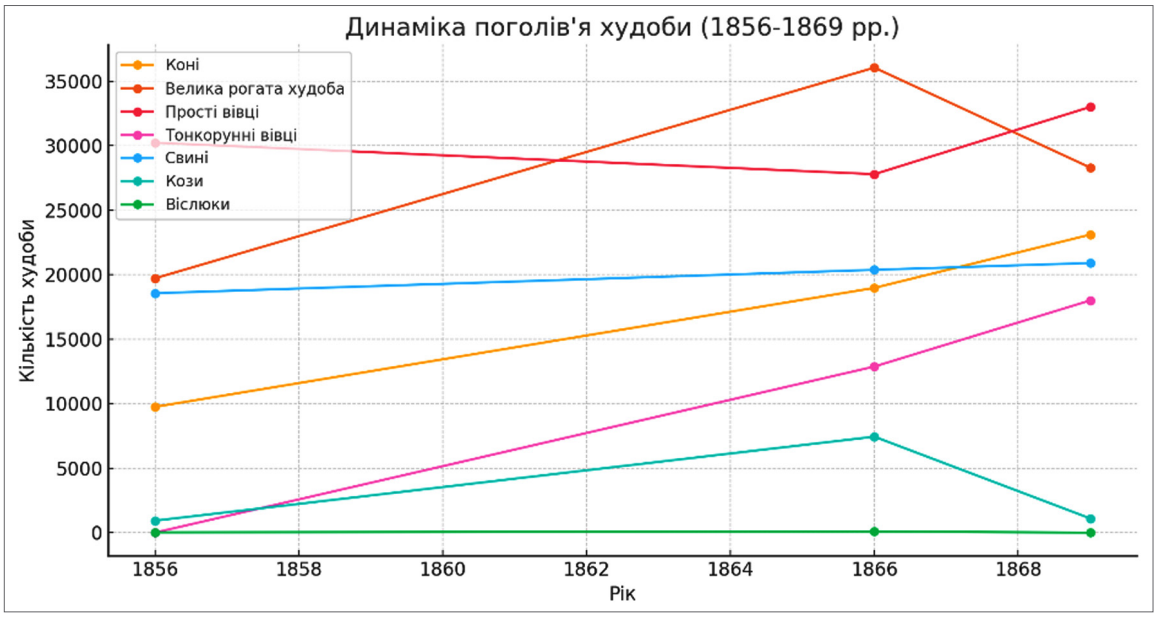


Рис. 4. Динаміка поголів'я худоби (1856–1869 рр.)

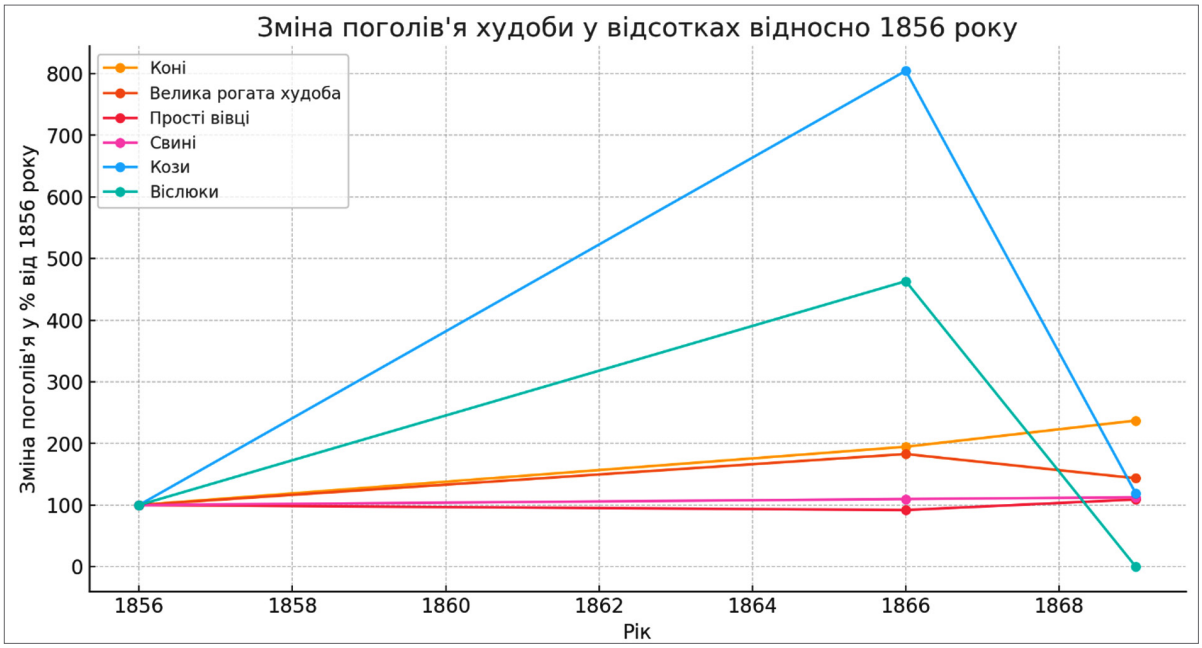


Рис. 5. Зміна поголів'я худоби у відсотках відносно 1856 р.

Немирів [3, с. 26]. Через відсутність промислового вилову риби, у повіті не було риболовецьких артілей та спеціальних промислів з її переробки.

Бджільництво існувало як промисел, але в дуже невеликій кількості. Ним займались як поміщики, так і священники й селяни. Бортництва у краї вже не існувало. Мед, прополіс та віск скуповували баришники євреї та вивозили його до Одеси.

Таким чином, розвиток тваринництва у Літинському повіті в період з 1862 по 1872 роки був, в основному, орієнтований на задоволення внутрішніх потреб сільського господарства, таких як обробка землі, транспортування вантажів та перевезення людей. Після проведення реформи 1861 року спостерігалося значне зростання тваринництва, особливо у вирощуванні коней і великої рогатої худоби. Наш аналіз свідчить, що це явище було викликане збільшенням потреби в робочій силі для ефективної обробки землі та транспортування вантажів.

У цей період селяни та поміщики повіту все більше надавали перевагу коням перед волами, що призвело до зміни структури їхніх господарств. Зміна структури власності на землю, викликана реформою, відкрила нові можливості для розвитку тваринництва. Однак, реформа, ймовірно, призвела до зменшення спеціалізації в деяких галузях, зокрема у вівчарстві. Відсутність ринків збуту для тваринницької продукції негативно вплинула на розвиток цієї галузі.

Поміщики були змушені адаптуватися до нових умов господарювання. Наприклад, Дорожинські з села Теліжинці інвестували у поліпшення своїх господарств, купуючи нові породи худоби та впроваджуючи нові методи ведення тваринництва. Ці інвестиції свідчать про те, що деякі поміщики намагалися підтримувати конкурентоспроможність своїх господарств у змінених економічних умовах.

Поряд із сільськогосподарським виробництвом певні категорії населення ще займались промислами. Вони були невеликими за масштабом, де працювало кілька осіб, переважно члени родини. Лише в крайній потребі або при розширенні, майстер міг найняти кілька робітників. Більшість промислів були сезонними, оскільки працівники, які були переважно селянами, могли працювати на них лише у вільний від сільськогосподарських робіт час.

Кількість промислів у Літинському повіті була невеликою. Найпоширенішим з них було прядіння вовни, льону і коноплі. Люди що цим займались, були майже в кожному населеному пункті. Це була важка праця у багато етапів, яка вимагала значних зусиль і майстерності. Цей промисел істотно впливав на життя людей й економіку краю. Значно рідше зустрічалось ручне ткацтво. Майстри завдяки примітивним станкам виробляли полотно для домашнього споживання. На полотні були смужки, і від їх величини виріб називали «десятка», «шістнадцятка», «вісімнадцятка» і навіть «двадцятка». У південній частині повіту (Почапинецькій волості), траплялось в'язання на ручних станках. Там виробляли тасьму для упряжі та пояси. Також у цій волості існувало в'язання на шпицях. Це переважно єврейки та «філіпонки» в'язали панчохи. В Маньковецькій, Овсяниківській та Бурківській волостях ткали рушники з візерунками. Існувало і рукавичне виробництво, де в Радівецькій, Маньковецькій, Овсяниківській і Почапинецькій волостях в'язали із вовни рукавиці з одним пальцем. В кожному поселенні був один або два шевці, які займались цим ремеслом виключно для потреб населення. Також існували ремесла: по

пошиттю суконь, шапок, картузів, кожухів, виготовленню збруї для коней, вичинка шкір, виготовлення щіток, плетіння виробів із соломи, плетіння постолів та рогож, вироблення сита та решета, токарне виробництво. У великих розмірах існувало бондарство та бочкова справа. Були також столяри, слюсарі, ковалі тощо. Майже всі ці промисли базувались на ручній праці або мінімальному використані механізації. Всі вони використовували традиційні технології, які були передані від покоління до покоління, і лише деякі з них впроваджували новітні інновації. Дане виробництво часто було залежне від доступності сировини, яка могла бути місцевою або імпортованою. Заняття таким промислом приносило користь людям, і було додатковим джерелом прибутку.

Заводів, окрім цукрових, про які вже зазначалось вище, у повіті не було. Єдина галузь, яка постійно розвивалась у повіті, як і по всій Подільській губернії, була будівельна. Ця галузь своєю чергою поділялась на панську, селянську та державну. У пореформений період змін в архітектурі та структурі селянської забудови не відбулось.

Селянські будинки були переважно простими та функціональними, орієнтованими на задоволення основних життєвих потреб. Будинки були одноповерховими. В основі стін були дерев'яні коли, які закопувались в землю і переплітались соломою із глиною (вальками). Після чого їх з обох сторін замащували глиною, вигладжували та білили. Фундамент не будувався. У лісовій частині хати робилися в зруб або на замет, після чого також з двох сторін вимащували глиною та білили. Тому будинки стояли біленькими. В степовій частині повіту будинки виглядали скромніше й гіршими ніж у лісовій. Подвір'я менш облаштовані. Дахи на будинках солом'яні (м'ятої соломи) або з очерету. У будівлях як правило було дві кімнати й сіни. Вхідні двері розміщались по середині хати, за якими йшли сіни. По праву і ліву руку сіней було по кімнаті. В кожній кімнаті була піч, у якій готували їжу. В більш заможних господарів, одна із кімнат утримувалась прибраною для гостей. Стіни прикрашувались образами. Також у будинку робили приміщення — комору, куди складали продукти та речі. В багатьох будинках вікна виходили на двір, для кращого огляду. Вони були не великими (піваршинну) на 4 скла. Вікна відкривалися [3, с. 17].

Піч займала біля ¼ цілої кімнати, і захоплювала пів стіни. З неї дим через каглу (круглий отвір) йшов у димохід, який робили зазвичай з горішника який обліплювали глиною. Димар виходив над дахом, але був не високим. Двори були відкритими, але огородженими. Господарські будівлі стояли на певній відстані від будинку. Садиби будинків обернені переважно на південь.

Будинки в Межирові, с. Стодульцях та інших селах, що знаходились вздовж річки Рів, були побудовані з вапнякового каменю, поклади якого тут залягали.

Панські будинки середини XIX ст. були різні, але не багато чим відрізнялись від селянських. Вони були більшими за розмірами та покривалися гонтою, черепицею або залізом. У дрібних поміщиків будинки також були глиняні. Вже більш заможні будували із каменю (граніту), запасів якого тут було достатньо. Цегляних будинків у селах не було. І хоча цеглу виготовляли в панських маєтках, але будинки з нього будували лише у містах. Ґанків біля поміщицьких будинків також не будували. Їх робили лише в садибах духовенства, волосних правліннях [3, с. 17]. Станом на 1863 р. цегляних будинків у повіті було лише 5, і вони знаходились в м. Літин. Всього ж у повітовому центрі було у цей час 659 будинків.

Кращі панські садиби у повіті знаходились в маєтності Чернятин, що належало поміщику Львову, Старій Синяві та Курилівцях. Другорядні були у Літинці, Рожку Микулинецькому, Требухах, Сербинівці, Митниках, Маркушах, Теліжинцях, Адамполі, Боркові та інших. Шосейних доріг у повіті не було.

У досліджуваному періоді територія повіту включала три міста: Літин, Хмільник та Сальниця, причому Літин виконував функції повітового центру. Розташований на березі річки Згар, поблизу її злиття з річкою Буг, Літин знаходився на відстані 176 верст (еквівалентно 187,75 км) від губернського міста Кам'янець-Подільський. Станом на 1864 рік, населення Літина становило 5.449 осіб, з яких 2 701 були чоловіками та 2 748 жінками. Соціальний склад населення був різноманітним: 375 дворян, 633 купців, 3 875 міщан, 450 старообрядців, 357 католиків та 2 820 євреїв. У місті функціонували 3 православних церкви, 1 костел, 2 старообрядних молитовних будинки, 2 синагоги, 2 єврейські молитовні школи, а також 668 будинків, з яких лише 5 були цегляними. Крім того, Літин мав лікарню, 108 лавок, корчму, 7 їдалень та 19 заїжджих дворів. Місту належало 2.447 десятин землі та 2 млини. У 1862 році міський прибуток склав 9 527 рублів, а промисловість була представлена тютюновою фабрикою та двома цегельними заводами (а по факту невеличкі цехи). [1, с. 60]. У 1870 році населення Літина зросло до 7 081 осіб (3 563 чоловіків та 3 518 жінок), що відповідає приросту в 1 632 особи за 6 років. У місті Хмільник у той же період проживало 7 787 осіб (3 891 чол. та 3 896 жін.), а в місті Сальниця — 3 265 осіб (1 654 чоловіків та 1 611 жінок) [6, с. 97].

У середині XIX століття досліджувана територія була однією із найменш заселених повітів (після Летичівського повіту) територій. Так в 1849 р. тут проживало 114.699 осіб (56.933 чол. та 57.766 жін.). Через десять років у 1859 р. кількість мешканців зросла до 118.820 осіб (57.210 чол. та 61.610 жін.). В 1863 р. у повіті вже проживало 138.535 осіб (71.223 чол. та 67.312 жін.) Це становило 7,1% від загальної кількості мешканців губернії. На 1 кв. версту припадало 47.2 осіб [5, с. 22–23]. В 1870 р. величина населення вже дещо зменшилась, і становила 136.459

Таблиця 6

Демографічні показники населення повіту

Рік	Загальна кількість населення	Кількість чоловіків	Кількість жінок	Відсоток населення від губернії	Кількість осіб на 1 кв. версту
1849	114,699	56,933	57,766	-	-
1859	118,820	57,210	61,610	-	-
1863	138,535	71,223	67,312	7.1%	47.2
1870	136,459	69,840	66,619	7.05%	-

Таблиця 7

Зміна демографічних показників (у відсотках від 1849 року)

Рік	Зміна загальної кількості населення (%)	Зміна кількості чоловіків (%)	Зміна кількості жінок (%)
1859	103.6%	100.5%	106.7%
1863	120.8%	125.1%	116.5%
1870	118.9%	122.6%	115.4%

осіб (69.840 чол. і 66.619 жін.). У відсотковому відношенні до всіх жителів губернії це становило лише 7,05% [6, с. 14].

Аналіз демографічного стану показує, що в середині XIX століття у повіті спостерігалося загальне зростання населення. Це здійснюється шляхом збільшення кількості чоловіків. Однак після піку у 1863 році (польське повстання 1863–1864 рр.) відбулося невелике зменшення населення до 1870 року. Відсотковий показник населення повіту від загальної кількості населення губернії свідчить про те, що цей повіт залишався одним із найменш заселених у регіоні.

У середині XIX століття населення досліджуваного регіону характеризувалося значною соціальною та релігійною різноманітністю. Станом на 1864 рік, соціальний склад населення повіту був представлений різними групами: дворяни (991 особа), міщани (16.095 осіб), державні селяни (18.800 осіб), селяни-власники (81.866 осіб), однодвірці (4.025 осіб), євреї-землевласники (222 особи) та вільні хлібороби (699 осіб). Ці дані вказують на те, що селянське населення домінувало в регіоні, особливо селяни-власники, які становили більшість.

Релігійний склад населення також був різноманітним. У 1864 році найбільші групи за віросповіданням складали католики (26.387 осіб) та євреї (14.134 осіб), з незначною кількістю протестантів (23 особи) та старообрядців (424 особи). Проте, ситуація змінилася до 1866 року, коли православні стали найбільшою релігійною групою (94.930 осіб), за ними йшли католики (26.735 осіб), старообрядці (874 особи) та іудеї (46.520 осіб) [1, с. 62].

У 1866 році соціальний склад населення включав спадкових дворян (853 особи), особистих дворян (513 осіб), православне біле духовенство (1.553 особи), католицьке духовенство (12 осіб), євреїв (46.520 осіб),

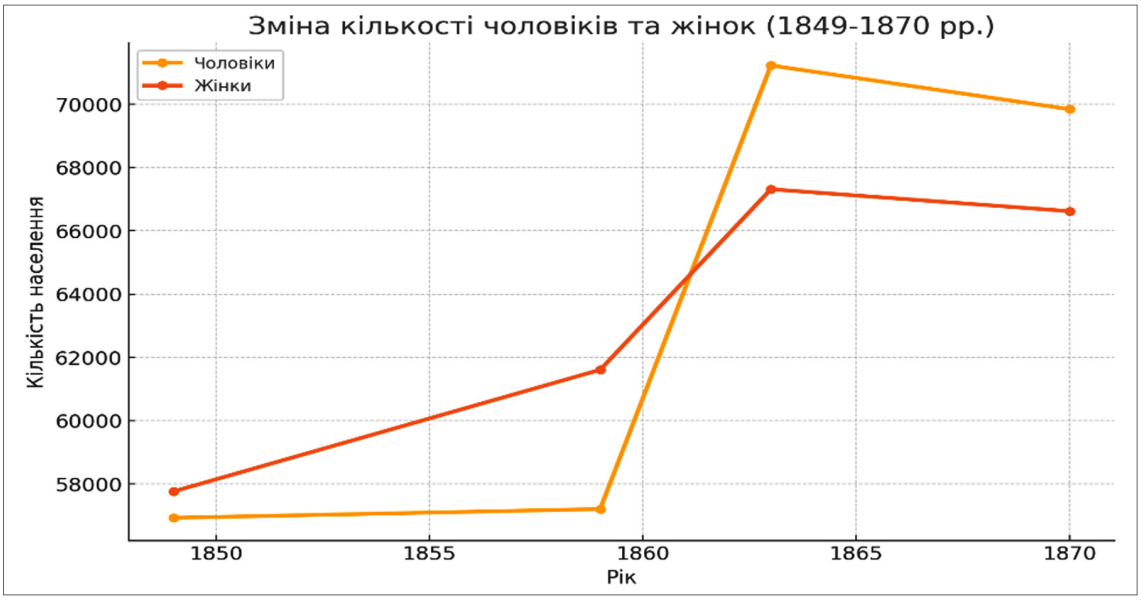


Рис. 6. Зміни кількості чоловіків та жінок за роками (1849–1870 рр.)

Таблиця 8

Релігійна стратифікація населення у 1864, 1866 та 1870 роках

Рік	Православні	Католики	Протестанти	Старообрядці	Іудеї
1864		26,387	23	424	14,134
1866	94,930	26,735	23	874	46,520
1870	,434	14,004	104	1,467	16,455

міщан (27.220 осіб) та селян (103.112 осіб). Ці дані вказують на те, що селянське населення продовжувало домінувати, але з'явилися і інші соціальні групи, такі як духовенство та дворяни.

До 1870 року релігійний склад населення повіту змінився: православні (104.434 особи, з них 54.090 чоловіків та 50.344 жінки), старообрядці (1.467 осіб, 735 чоловіків та 732 жінки), римо-католики (14.004 особи, 7,010 чоловіків та 6.994 жінки), протестанти (104 особи, 58 чоловіків та 46 жінок) та юдеї (16.455 осіб, 7.952 чоловіків та 8.503 жінок). Ці дані свідчать про те, що населення було розподілене за статтю досить рівномірно, з деякими відмінностями між релігійними групами [6, с. 60–61].

Ці показники свідчать про складну соціальну та релігійну структуру населення краю у пореформений період. Мешканці різнилися певною соціальною та релігійною різноманітністю. Основні соціальні групи включали дворян, міщан, селян державних та власників, однодвірців, євреїв землевласників та вільних хліборобів. Найбільш численними групами були селяни власники та державні селяни, що вказує на значну частку вільного сільського населення в регіоні.

Релігійний склад населення також був різноманітним. Основними конфесіями були православ'я, католицизм, старообрядство, протестантизм та юдаїзм. У 1864–1870 рр. найбільш численними групами за віросповіданням були православні, католики та євреї. Зміни в релігійному складі населення між 1864 і 1870 роками свідчать про динаміку конфесійних переконань та можливі міграційні процеси. Як на нашу думку, істотний вплив справило придушення польського повстання 1863–1864 рр. Збільшення кількості православних та зменшення числа католиків і євреїв може вказувати на міграційні потоки та утиски польського населення (католиків) з боку царського уряду.

Висновок. Таким чином, у пореформений період у Літинському повіті відбулись як позитивні зрушення, так і застійні явища та занепади. Населення повіту продовжувало займатися сільськогосподарським виробництвом, яке залишилось основним джерелом доходу. Площа під полями збільшилася, і це свідчить про зростання попиту на зернові та розвиток ринкових відносин у рослинництві. До цього слід додати появу орендних відносин, використання вільнонайманої праці. Садівництво стало промислом, та приносило прибутки, особливо у вирощуванні фруктів для продажу. Набуло промислового напрямку вирощування цукрового буряка, що переросло у промисловий напрям і стимулювало в роботі цукрові заводи. Але до загального зростання переробної промисловості це не призвело. Селяни стали відносно вільними, та могли формувати ринок найманої праці. На цьому позитиви Реформи 1861 р. напевне і завершились, оскільки саме вона, своєю заплутаністю та неоднозначністю, гальмувала розвиток ринкових відносин у краї.

У повіті майже не було заводів, окрім цукрових, що свідчить про відсутність значного промислового розвитку. Основна частина економіки залишалася аграрною. Хоча площа під полями збільшилася, у землеробстві переважала трипільна система господарювання, яка була менш продуктивною порівняно з багатопільною системою, що використовувалася в товарному виробництві. Після реформи 1861 року багато поміщиків відмовилися від вівчарства, вважаючи його невигідним. Це свідчить про занепад однієї з галузей тваринництва. Економіка повіту залишалася залежною від зовнішніх ринків для реалізації своєї продукції, що створювало нестабільність у прибутках. У повіті не було великих промислових міст, які могли стати ринком збуту сільськогосподарської продукції, хорошого транспортного сполучення. Все це можна було б виправити у перспективі, але наляканий польським повстанням 1863–1864 рр. царський уряд боявся та не хотів вкладатися у нестабільний регіон. Як наслідок «сіра буденщина минулого» розтягнулась на багато десятиліть, і світлого «майбуття» так і не досягла.

Література

1. Географическо-статистический словарь Российской империи. Сост. Семенов П. Т. III. СПб., 1867. 762 с.

2. Военно-статистическое обозрение Российской империи. Подольская империя. Т. X, Ч. 2. СПб.,1849. 278 с.

3. Материалы для исследования Подольской губернии в статистическом и хозяйственном отношениях / Центр. стат. ком. Министерства внутр. дел. Каменец-Подольск Тип. Губ. упр. 1873. 243 с.

4. Муляр А. М. Літинський повіт Подільської губернії: особливості розвитку ринкових відносини у сільськогосподарському виробництві у 1862–1872 рр. *Хмельницькі краєзнавчі студії: науково-краєзнавчий збірник.* 2022. С. 154–167.

5. Статистический временник Российской империи. серия I. Центральный статистический комитет Министерства внутренних дел. Санкт-Петербург, 1866. 453 с.

6. Статистический временник Российской империи серия II, выпуск X. Центральный статистический комитет Министерства внутренних дел, Санкт-Петербург, 1875. 287 с.

7. Статистические таблицы Российской империи за 1856 г. Составленные по распоряжению министра внутренних дел. СПб., 1858. 215 с.

8. Столпянский Н. П. Девять губерний Западно-Русского края в топографическом, геогностическом, статистическом, экономическом, этнографическом и историческом отношениях. Санкт-Петербург : Тип. Гогенфельдена и К°, 1866. 200 с.

References

1. Geographical and statistical dictionary of the Russian Empire. Compiled by P. Semenov. vol. III. St. Petersburg, 1867. 762 p.

2. Military and statistical review of the Russian Empire / Podolsk Empire. Vol. X, p. 2. St. Petersburg, 1849. 278 p.

3. Materials for the study of the Podolsk province in statistical and economic relations. Central Statistical Comm. Ministry of Internal Affairs. Kamenetz-Podolsk: Type. Gub. uprav, 1873. 243 p.

4. Mulyar A. M. Lityn district of Podillia province: peculiarities of the development of market relations in agricultural production in 1862–1872. *Khmelnytsky local lore studies: scientific and local history collection.* 2022. С. 154–167.

5. Statistical Bulletin of the Russian Empire. series I. Central Statistical Committee of the Ministry of Internal Affairs. St. Petersburg, 1866. 453 p.

6. Statistical Bulletin of the Russian Empire, Series II, Issue X. Central Statistical Committee of the Ministry of the Interior, St. Petersburg, 1875. 287 p.

7. Statistical tables of the Russian Empire for 1856. Compiled by order of the Minister of the Interior. St. Petersburg, 1858. 215 p.

8. Stolpiansky N. P. Nine provinces of the West Russian Territory in topographic, geognostic, statistical, economic, ethnographic and historical terms. St. Petersburg: Tip. Hohenfelden and K°, 1866. 200 p.

УДК 159.922

Чижишин Оксана Ігорівна
кандидат економічних наук,
доцент кафедри фундаментальних та спеціальних дисциплін
Чортківський навчально-науковий інститут підприємництва і бізнесу
Західноукраїнського національного університету
Chyzhyshyn Oksana
Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor of the
Department of Fundamental and Special Subjects
Educational and Scientific Chortkiv Institute of Entrepreneurship and Business of
Western Ukrainian National University
ORCID: 0000-0002-2713-7328

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10239

ПСИХОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ АДАПТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗСУ

PSYCHOLOGICAL AND SOCIAL ASPECTS OF THE ADAPTATION OF MILITARY OFFICERS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

Анотація. *Актуальність проведеного дослідження полягає в тому, що у науковці у галузі психології й соціології прагнуть знайти визначальні аспекти взаємозв'язку між соціальною комунікацією та психологічною адаптацією військовослужбовців як на місці основної служби так і в соціумі. Саме здатність військового стійко реагувати на стреси і не транслювати накопичену агресію на суспільні взаємини, бути завжди вмотивованим і впевненим у власній самооцінці становлять важливий аспект дослідження, що привертає увагу науковців, фахівців та військового керівництва.*

У дослідженні запропоновано методики індивідуального підходу до військовослужбовців, тести-опитувальники, консультативні методи стрес-менеджменту, які враховують специфіку роботи чи виконуваних завдань, віковий критерій чи термін служби, посаду та стать. Саме від дослідження цих особистих характеристик і вміння їх корегувати, формується психологічна стійкість до стресових ситуацій, готовність до служби та адаптацію до змін у військовому та соціальному середовищі.

Технологічною стороною є методи, які визначають необхідність системного та індивідуалізованого підходу у формуванні адаптаційних та комунікативних можливостей військового, що має вирішальне значення для їхньої успішної служби та подальшої інтеграції у цивільне життя проведення тренінгів, діалогів, занять з трудотерапії та арттерапії.

В дослідженні визначено фактори ризику, які можуть негативно впливати на здійснення психологічного супроводу, а саме: погане самопочуття, відсутність бажання спілкуватись, агресивність та зневіра, втрата побратимів.

У ході дослідження визначено і проаналізовано проблеми, які виникають під час проведення соціально-психологічних консультувань, тренінгів та програм і запропоновано шляхи їх вирішення.

Запропоновані методи соціальної та психологічної адаптації воїнів ЗСУ допоможуть їм, їх керівникам, родинам і в цілому суспільству досягти комунікативного взаємозв'язку та переходу до мирного життя.

Результатами запропонованих методів соціально-психологічної адаптації військовослужбовців можуть служити основою для розробки стратегій психологічної підтримки та програм реінтеграції для військових.

Ключові слова: *психологія, соціологія, адаптація, комунікація, військовослужбовець, соціум, психоемоційний стан.*

Summary. *The relevance of the conducted research is revealed in the fact that scientists in the field of psychology and sociology seek to find defining aspects of the relationship between social communication and psychological adaptation of military personnel both at the place of primary service and in society. It is the ability of a military man to respond steadily to stress and not to transfer accumulated aggression to social relations, to be always motivated and confident in his own self-esteem, which is an important aspect of research that attracts the attention of scientists, specialists and military leadership.*

The research offers methods of an individual approach to military personnel, questionnaire tests, consultative methods of stress management, which take into account the specifics of work or completed tasks, age criteria or length of service, position and gender. It is from the study of these personal characteristics and their changes to correct them, to form psychological resistance to stressful situations, readiness for service and adaptation to changes in the military and social environment.

The technological side is methods that offer the use of a systematic and individualized approach in the formation of adaptive and communicative capabilities of the military, which is of crucial importance for their successful service and further integration into civilian life, conducting trainings, dialogues, occupational therapy and art therapy.

The study identified risk factors that can negatively affect the implementation of psychological support, namely: poor health, desire to communicate, aggressiveness and hopelessness, loss of siblings.

In the course of the research, the problems that are revealed during social-psychological consultations, trainings and programs are identified and analyzed, and we offer ways to solve them.

The proposed methods of social and psychological adaptation of the military people of the Armed Forces effectively help them, their leaders, their families and society as a whole to achieve a communicative relationship and a transition to a peaceful life.

The results of the proposed methods of socio-psychological adaptation of servicemen can serve as a basis for the development of psychological support strategies and reintegration programs for the military.

Key words: *psychology, sociology, adaptation, communication, military serviceman, society, psycho-emotional state.*

Постановка проблеми. В ході проведеного дослідження стало актуальним привернути увагу до питань соціально-психологічної адаптації військовослужбовців, яка стає одним з ключових складових їхньої успішної і ефективної служби та повернення у соціальне життя. Запропоновані методики рекомендовано до впровадження соціально-психологічними службами як в армії так і в суспільстві. Робота по адаптації військового як до виконання служби так і до комунікативності в соціумі є комплексною роботою всього суспільства на всіх рівнях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні питань психологічної й соціальної адаптації та комунікації військовослужбовців ЗСУ брали участь вітчизняні науковці: Грибок А. О. [1], Кокун О. М. [2], Коновальчук Т. А. [5], Копаниця О. В. [2], Лозінська Н. С. [2], Малхазов О. Р. [2], Мороз В. М. [3], Пішко І. О. [2].

У своїх працях науковці доводили необхідність вивчення психологічних станів у батьків та важливість психологічного супроводу для таких сімей.

Формування цілей дослідження. В межах дослідження передбачається розкрити та удосконалити основні аспекти адаптаційних можливостей військовослужбовців та здатність до соціальних комунікацій, а саме:

1. Дослідити соціальні і психологічні фактори, які формують адаптаційні можливості військовослужбовців ЗСУ у різних сферах служби і життя;

2. Визначити вплив чинників, які формують психоемоційний стан воїна на його здатність до ефективної роботи і повноцінного життя;

3. Дослідити вплив та результативність психологічних методів, які допомагають оцінити здатність воїна до адаптації у стресових ситуаціях та його вміння контролювати рівень стабільність психоемоційного стану.

Виклад основного матеріалу. Перебування в зоні бойових дій є однією з надзвичайних ситуацій, де особа безперервно відчуває найсильніший психоемоційний напруження, і для подолання цього стану вона вимушена використовувати надмірні вольові зусилля. Цей процес супроводжується високою вартістю: майже у всіх учасників бойових дій відбуваються фізичні та психічні зміни, що спричиняють психологічні труднощі.

Опрацювавши різні джерела та думки різних науковців у сфері психології, ми зробили висновок, що ці фактори впливають на психологічний стан військовослужбовців різнопланово, здатність до бойових дій можуть підвищувати і понижувати, тому ми виділили такі основні чинники, які впливають на адаптаційні та комунікаційні здібності військових.

До чинників, які негативно впливають на боєздатність військовослужбовців відносимо:

1. Непередбачуваність ситуації, що виникає в ході бойових дій та їх тривалості.

2. Страх смерті.

3. Бойові дії на незвіданій стороні противника.

4. Оточення, загроза полону, жорстокість та брутальність ворога.

5. Погодні та природні умови, які є новими для воїна.

6. Зміна режиму сну, виснаженість, поранення, захворювання.

7. Нестача набоїв, води, ізоляція, відсутність зв'язку з командуванням.

8. Конфлікти внутрішньо в підрозділі або в родинах військовослужбовців.

9. Негативне ставлення до війни.

10. Почуття психологічної (фізичної) безпомічності, так званий «комплекс жертви».

11. Недостатній рівень соціального захисту для військовослужбовців та їх сімей.

Чинники, які позитивно впливають на ставлення воїна до служби:

1. Вмотивованість та патріотизм.

2. Висока самооцінка та інтелект.

3. Наявність бойових навичок.

4. Налагоджена комунікація та соціально-психологічна стабільність в колективі.

5. Релігійні переконання, які можуть надавати підтримку і моральний фундамент.

Врахувавши всі вищенаведенні чинники, пропонуємо виділити такі основні фактори, що військової обстановки, які формують настрої військовослужбовців та їх ставлення до різних бойових і життєвих обставин.

Зовнішні фактори військової обстановки можна поділити на об'єктивні та суб'єктивні.

Об'єктивні фактори включають соціальні (суспільно-політичні), бойові і еколого-ергономічні аспекти стилю життя.

Соціальні фактори: включають в себе відношення суспільства до війни, ставлення до цілей конфлікту та військових дій, від того, як сприймає суспільство мету війни та інтереси, які вона захищає а також взаємовідносини військових колективів і довіру між командиром і підлеглими.

Бойові: інтенсивність, види зброї і техніки, втрати. Все це впливає на поведінку військовослужбовців під час бою.

Еколого-ергономічні: географічні та кліматичні умови, тривалість і частота бойових дій, зручність використаної техніки.

До суб'єктивних факторів відносять психофізіологічні та психологічні аспекти стилю життя.

Психофізіологічні фактори оцінюють психофізіологічну конституцію та темперамент військовослужбовця, його стан втоми, фізичного і психічного здоров'я та нервово-психічну стійкість [1, с. 58].

Психологічні фактори враховують мотивацію військовослужбовця, наявність досвіду та здатність до адаптації до бойових умов, а також розвиток інтелектуальних та емоційно-вольових якостей.

Ці фактори допомагають зрозуміти, як особистість військовослужбовця взаємодіє з зовнішніми обставинами і впливає на свою поведінку, особливо в критичних ситуаціях, і є важливими для командирів на всіх рівнях для ефективного управління військовим колективом [2, с. 25].

Отже, ці фактори мають складний вплив на психологічний стан військовослужбовців, залежно від умов і індивідуальних особливостей можуть підсилювати або послаблювати їх боєздатність, що сформовані стилем життя, морально, фізичною та психологічною підготовленістю.

Враховуючи все вищенаведене, ми пропонуємо використання саме таких методик для формування об'єктивної та суб'єктивної оцінки соціально-психологічного стану військового і його адаптаційних та комунікаційних можливостей, а саме:

1. Мотивація професійної діяльності (методика К. Замфір у модифікації А. Реана) [3, с. 41].
2. Опитувальник міні-мульт [3, с. 93].
3. Діагностика рівня соціальної фрустрованості [3, с. 99].
4. Методика дослідження рівня суб'єктивного контролю (РСК) Дж. Роттера (адаптована НДІ ім. В. М. Бехтєрєва) [3, с. 128].
5. Багаторівневий особистісний опитувальник (БОО) «Адаптивність-200» [4, с. 56].
6. Методика дослідження комунікативних здібностей (КОС–І) (автори В. Синявський, Б. Федоришин) [3, с. 130].

На підставі цих методик, результатів тестування, бесіди, опитування у конкретній військовій частині (назва конфіденційна) можемо зробити наступні висновки:

Велику роль у тому, як цивільна людина стає вправним воїном відіграє характер особистості, стиль життя, інтелектуальні, комунікативні та адаптивні здібності. Деякі люди можуть мати вроджену схильність до стресостійкості та здатності швидко адаптуватися до стресових ситуацій, тоді як інші можуть бути більш вразливими або мають складніше час впоратися зі стресом.

Підготовка та тривалість військової служби також впливають на реакції особистості. Люди, які пройшли інтенсивну підготовку та мають більше досвіду у військових операціях, можуть мати більшу здатність управляти стресом та реагувати на складні ситуації. Однак навіть у військових з великим досвідом може виникнути посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) внаслідок інтенсивних подій під час служби [5].

Нарешті, психологічний стан особистості визначається історією життя, попередніми досвідами та підготовкою до стресу. Такі чинники, як підтримка співробітників, доступ до психологічної допомоги та соціальна підтримка, можуть значно впливати на те, як особа переносить військовий досвід.

Загалом, військовий досвід може викликати різноманітні реакції у людей через індивідуальні особливості, психологічний стан та умови, у яких вони перебували під час служби.

Висновки і пропозиції. Підсумовуючи все, вищенаведене, ми вважаємо що провадження психологічної підтримки для військових після війни вкрай важлива. Психологи та соціологи, які спеціалізуються на роботі з військовими мають наступні завдання:

Допомога у подоланні стресових реакцій.

Супровід та адаптація до цивільного життя.

Розвиток стратегій саморегуляції

Важливим аспектом у роботі психологів і соціологів є робота з сім'ями військових, в яких треба працювати з усіма членами родини, щоб підготувати та навчити спілкуванню, поведінці та розумінню своїх героїв. Ця підтримка сімей може включати:

Розуміння військового досвіду. Психологи допомагають сім'ям зрозуміти, як військовий досвід впливає на військових, сприяють у вирішенні внутрішніх конфліктів і надають стратегії підтримки.

Сімейна терапія. Вони можуть проводити сімейні консультації або терапію для покращення родинних зв'язків та адаптації до змін у поведінці чи емоційному стані після повернення військового.

Підтримка психологічного здоров'я сімей. Психологи сприяють збереженню психологічного здоров'я сімей шляхом надання корисних інструментів та ресурсів для подолання стресу та адаптації до нових обставин.

Співпраця психолога з військовим та його сім'єю може значно полегшити перехід військових до цивільного життя та забезпечити психологічну підтримку у всіх аспектах життя.

Література

1. Грибок А.О. Психічне здоров'я військовослужбовців Збройних Сил України як головний фактор успішного виконання бойових завдань в складних та екстремальних умовах. *Актуальні проблеми психології: збірник наукових праць Інституту психології імені Г.С. Костюка НАПН України.* Київ, 2018. Том. XI: Психологія особистості. Психологічна допомога особистості. Вип. 18. С. 21–40.

2. Кокун О.М., Пішко І.О., Лозінська Н.С., Копаниця О.В., Малхазов О.Р. Збірник методик для діагностики психологічної готовності військовослужбовців військової служби за контрактом до діяльності у складі миротворчих підрозділів: методичний посібник. К. : НДЦ ГП ЗСУ, 2011. 281 с. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/32309843.pdf (дата звернення: 01.07.2024).

3. Кокун О.М., Мороз В.М., Лозінська Н.С., Пішко І.О. Збірник психодіагностичних методик для професійно-психологічного відбору кандидатів на військову службу за контрактом у Збройних Силах України : метод. посіб. Київ : Видавничий дім «Освіта України», ФОП Маслаков Руслан Олексійович, 2021. 74 с. С. 56–60.

4. National Center for PTSD. (n.d.). Understanding PTSD and PTSD treatment. URL: https://www.ptsd.va.gov/publications/print/understandingptsd_booklet.pdf(дата звернення: 11.08.2024).

5. Коновальчук Т.А. Психологічні наслідки війни та соціально-психологічна адаптація. *Українське суспільство в умовах воєнного стану: сучасні виклики та напрямки розвитку матеріали Всеукр. наук. конф. молодих вчених* (м. Одеса, 6 червня 2022 р.) / уклад.: Ю.Д. Батан, В.С. Кучерявенко, Л.С. Бондарчук та ін.; за ред. М.Р. Аракеляна, К.І. Спасової. Одеса : Фенікс, 2022. С. 678–679. URL: https://bit.ly/3HFF4uK (дата звернення: 21.05.2024).

УДК 02.021.06(659.477)

Макарова Олена Ігорівна
молодша наукова співробітниця
Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського
Makarova Olena
Junior Researcher
V. I. Vernadsky National Library of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10240

ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНСЬКИХ БІБЛІОТЕЧНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

ACTIVITIES OF THE UKRAINIAN LIBRARY ORGANISATIONS UNDER A MILITARY AGGRESSION

Анотація. *В статті розглянуто діяльність українських бібліотечних організацій після повномасштабного вторгнення росії в Україну. Зокрема, висвітлено проєкти Української бібліотечної організації та Благодійного фонду «Бібліотечна країна», направлені на допомогу українським бібліотекам в умовах військової агресії.*

Ключові слова: *Українська бібліотечна асоціація (УБА), Американська бібліотечна асоціація (ALA), бібліотека в умовах війни, БФ «Бібліотечна країна».*

Summary. *The article describes the activities of Ukrainian library organizations after the full-scale Russian invasion in Ukraine. In particular, it's highlighted the projects of the Ukrainian Library Organization and the Charity Fund "Library Country" aimed at helping Ukrainian libraries in conditions of military aggression.*

Key words: *Ukrainian Library Association (ULA), American Library Association (ALA), library in wartime, CF "The Library Country".*

Постановка проблеми. Українські бібліотеки давно були полями битви. Бібліотечні ресурси — це частина інформаційних ресурсів держави, адже вони потребують особливої уваги, а також розвитку та захисту, зокрема від поширення ворожих інформаційних впливів. Загарбницька російська мовно-літературно-книжкова експансія тривала століттями і навіть після отримання Незалежності нашої країни понад 30 років тому. Але масово переконатися в цьому на всіх рівнях ми змогли лише під жорстокими обстрілами ракет та вибухами снарядів, які принесла в нашу країну країна-агресор.

Як неодноразово повідомляв Генеральний штаб ЗСУ, загарбники на тимчасово окупованих територіях знищують українську культурну спадщину, грабують музеї та бібліотеки, спалюють українську літературу та підручники, видані українською мовою. Так само, як під час Другої світової війни, нацисти спалювали книги на окупованих територіях. Таким чином, внаслідок повномасштабного російського вторгнення, за даними Міністерства культури та інформаційної політики України, станом на 25 липня 2024 року, було пошкоджено чи зруйновано вже понад 720 бібліотек [3]. Не дивлячись на це, там, де це можливо в Україні, бібліотеки продовжують надавати послуги користувачам, у тому числі працюють онлайн-сервіси. Майже всі бібліотеки, за винятком установ на тимчасово окупованих територіях, перетворені на культурні хаби та універсальні сучасні коворкінги. Крім того, після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну багато як іноземних, так і вітчизняних фондів і організацій запровадили різноманітні програми для підтримки українських бібліотек, які ми і будемо розглядати в нашій роботі. Зокрема, ми зупинимося на розгляді діяльності Української бібліотечної організації та Благодійного фонду «Бібліотечна країна» в умовах військової агресії.

Виклад основного матеріалу. Українська бібліотечна асоціація (УБА) — це незалежна всеукраїнська громадська організація, метою якої є всебічне сприяння розвитку бібліотечно-інформаційної сфери і забезпеченню прав користувачів на якісне і своєчасне бібліотечне обслуговування та доступ до інформації, а також захист спільних інтересів членів Асоціації [4]. Нині УБА представляє близько 69 тис.

бібліотечних працівників з усієї країни та понад 39 тис. бібліотек. Члени УБА працюють в публічних, вузівських, шкільних і спеціальних бібліотеках. За 20 років УБА організувала сотні конференцій, семінарів і тренінгів, опублікувала близько 50 науково-практичних видань, які допомагають бібліотекарям досягати високого рівня якості бібліотечного й інформаційного обслуговування, сприяють розвиткові бібліотекознавства, підвищенню іміджу бібліотек у суспільстві. УБА тісно співпрацює з державними установами, громадськими організаціями, рухами, фондами та окремими громадянами, зацікавленими у розвитку бібліотечної справи. УБА як національна бібліотечна асоціація є членом Міжнародної федерації бібліотечних асоціацій та установ (ІФЛА) і представлена у трьох секціях — національних бібліотечних асоціацій, публічних бібліотек та університетських бібліотек [4].

Із початком повномасштабного вторгнення росії міжнародна діяльність УБА стала інтенсивнішою — асоціація поширювала інформацію про ситуацію в Україні в ЗМІ, а згодом проводила й долучалася до дискусій під час професійних заходів за кордоном. Так, УБА опублікувала низку звернень до міжнародної спільноти із закликом розірвати співпрацю з росіянами і намагалася залучити до інформаційного спротиву бібліотечну, освітянську та наукову спільноти. Зокрема неодноразово зверталася до ІФЛА, щоби ті виключили російську федерацію з членів. В результаті, 20 грудня 2023 року ІФЛА однозначно засудила військову агресію росії проти України, і, розглянувши докази дій російських бібліотек, правління ІФЛА прийняло рішення не поновлювати російській національній бібліотеці членство у федерації та підтвердило своє рішення від березня 2022 року не брати участі в жодних заходах, віртуальних чи фізичних, які проводяться в рф [4].

Одним із напрямків роботи УБА з лютого 2022 року також стала допомога українським бібліотекам, які постраждали через війну, так, спільно з Благодійним фондом «Бібліотечна країна», про який більш детально ми поговоримо нижче, було надано фінансову підтримку бібліотекарям, які опинилися у складних обставинах через війну, зокрема, понад 400 бібліотекарів отримали по дві-три тисячі гривень та засоби першої необхідності.

Крім того, спільно з Американською бібліотечною асоціацією (ALA) було запущено програму ALA Ukrainian Library Relief Fund для благодійної фінансової допомоги бібліотечним закладам, які постраждали від російсько-української війни. Так, завдяки цьому фонду було зібрано 25 тис дол. США для української бібліотечної спільноти і направлено УБА. Ці кошти були спрямовані на:

- відновлення роботи, виконання реставрації та збереження бібліотек, які постраждали внаслідок бойових дій чи дій російсько-окупаційних військ та адміністрацій (у тому числі ремонтні роботи, придбання обладнання, поповнення книжкових фондів та інших ресурсів);
- розвиток та надання послуг внутрішньо переміщеним особам (ВПО), ветеранам війни, тим, хто навчається онлайн тощо [1].

УБА отримала 165 запитів на підтримку від бібліотек по всій Україні і наразі розподілила 15 тис дол. — по 1500 дол. дев'яти бібліотекам і 1500 дол. на підтримку окремих бібліотечних працівників, які постраждали від російського вторгнення, включаючи ВПО, хворих чи поранених, або які тимчасово не отримують зарплату через воєнний стан [1]. Інші 10 тис дол. незабаром будуть передані іншим бібліотекам.

Бібліотеки, які вже отримали фінансову підтримку:

1. Городнянська централізована бібліотечна система, м. Городня, Чернігівської обл. Місто було під окупацією 41 день і продовжує перебувати під загрозою обстрілів. За надані кошти бібліотека відкриє хаб з безкоштовним доступом до Інтернету, надаватиме безкоштовні консультації психологів та юридичних спеціалістів, проводитиме культурно-освітні та дозвіллєві програми, які допоможуть переселенцям та ветеранам війни адаптуватися до місцевої громади та впоратися з труднощами, викликаними війною;

2. Ізюмська центральна міська бібліотека, м. Ізюм, Харківська обл. Місто було окуповане 07.03–22.09.2022. За період бойових дій та окупації бібліотека зазнала великих руйнувань та втрат, а саме: пошкоджено приміщення бібліотеки, 40% книжкового фонду, бібліотечні меблі, комп'ютери та ін., знищено копіювальну техніку. Бібліотека придбає обладнання для забезпечення доступу до Інтернет-ресурсів;

3. Бібліотека Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаської обл. Бібліотека облаштує інклюзивний куточок для людей з інвалідністю та допоможе їм адаптуватися до освітнього середовища. Бібліотека займатиметься відтворенням інформації у формах, доступних для сприйняття людьми з вадами зору та незрячими (синтезатор мовлення, збільшення зображення тощо);

4. Корецька центральна міська бібліотека, м. Корецьк, Рівненської обл. Кошти буде направлено на проєкт спрямований на покращення доступності, забезпечення комфортного перебування в бібліотеці осіб з особливими потребами та сприятиме залученню нових користувачів бібліотеки, зокрема відвідувачів бібліотечних програм та заходів. Так, ALA Ukraine Library Relief Fund придбають та встановлять ліфт для інвалідів;

5. Арбузинська центральна бібліотека смт. Арбузинка, Миколаївської області. Бібліотека придбає для дітей інтерактивну дошку, розвиваючі настільні ігри та оновить книжковий фонд;

6. Наукова бібліотека Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя. З вересня

2022 року при бібліотеці працюють освітні хаби Мелітопольського та Василівського районів Запорізької області, які наразі перебувають в окупації. Вчителі-переселенці використовують бібліотеку для проведення онлайн-занять, студенти, евакуйовані з окупованої території, приходять до бібліотеки на навчання. Вони придбають проектор, екран для проектора та ноутбук з аксесуарами;

7. Миронівська базова бібліотека Обухівського району Київської області. Бібліотека закуповуватиме книжки українською мовою, щоб оновити книгозбірню, щоб мати змогу й надалі надавати послуги переселенцям, заохочуючи їх брати книги додому, ставати членами бібліотечних клубів та читацьких груп, брати участь у різноманітних програмах дозвілля;

8. Токмаківська центральна бібліотека Нікопільського району Дніпропетровської області. Наразі село стало прихистком для 1516 переселенців, а 3240 переселенців уже проживали в Токмаківці після 2014 року. Бібліотекарі безкоштовно, в межах своєї компетенції, допомагають переселенцям та іншим соціально незахищеним мешканцям громади в оформленні допомоги в міжнародних організаціях, оплаті комунальних послуг, пошуку вакансій, отриманні різноманітних довідок. Ця бібліотека придбає копіювальний апарат з канцелярським приладдям, щоб продовжувати надавати ці послуги незахищеним верствам населення, оскільки застаріле бібліотечне обладнання вийшло з ладу через інтенсивне використання;

9. Охтирська публічна бібліотека, м. Охтирка, Сумської обл. Три вакуумні бомби та ракети російської авіації частково знищили 2 філії бібліотеки. У 2022 році місцева влада виділила кошти на відновлення кількох розбитих вікон та дверей та частково провела реставрацію стін та опалення. Бібліотека за кошти ALA Ukraine Library Relief Fund відремонтує три бібліотечні кімнати, освітлення та замінить вікна [1].

Крім того, спільно з Goethe-Institut УБА запустили серію тренінгів із психологічної підтримки бібліотекарів та займається підготовкою бібліотекарів до створення безпечного укриття для працівників, користувачів і відвідувачів бібліотек.

Зараз також є великий проєкт, з УБА зокрема, — з оцифрування рідкісних і цінних документів. Ці документи, що є культурними та науковими надбаннями, наразі зберігаються в різних організаціях та інституціях. УБА займатиметься координацією проекту [4].

Ще одним проектом, до якого дотична УБА є проєкт «Книги без кордонів», мета якого — підтримати дорослих, які відчувають труднощі з читанням книг через інвалідність, нейророзвиток, похилий вік або стан здоров'я, а також людей, які читають другою, чужою для них мовою (зокрема, мігрантів). Проєкт дозволяє розробити книги, адаптовані за формою та змістом до якомога ширшої аудиторії (відповідно до ідеї універсального дизайну) та підготувати бібліотекарів до роботи з ними. Завдяки цьому проекту буде створено 12 нових книг, доступних для дорослих з труднощами читання та читачів другою іноземною мовою (підготовлених за принципом універсального дизайну, доступних для широкого кола читачів); буде розроблено та поширено набір матеріалів, що описують кращі практики, інструменти та методи роботи з дорослими, які мають труднощі з читанням [4].

Тепер розглянемо діяльність Благодійного фонду «Бібліотечна країна» в умовах військової агресії. БФ «Бібліотечна країна» спрямований на підвищення спроможності українських бібліотек надавати послуги громадам через адвокацію модернізації бібліотечної системи, навчання бібліотекарів, обмін досвідом, поповнення книжкових фондів, щоб бібліотечні послуги могли відповідати на суспільні виклики заради розвитку людського капіталу та процвітання України [2]. БФ «Бібліотечна країна» був заснований в червні 2015 року. Нового поштовху діяльність Фонду набула в 2016 році з долученням випускників 12-го семінару «Відповідальне лідерство» ініціативи Аспен в Україні Юрія Гусєва, Тамари Сухенко, Олександра Красовицького, Анастасії Байдаченко, тоді ж до фонду долучились видавці Ігор Степурін, Владислав Кириченко, Віктор Круглов [2]. Після повномасштабного вторгнення БФ «Бібліотечна країна» надавав гуманітарну допомогу бібліотекарям, надавав професійну підтримку постраждалим бібліотекарям: психологічну та юридичну допомогу, сприяв мережуванню та взаємодопомозі, сприяв збільшенню доступу до книг українцям за кордоном та давав доступ до книг іноземними мовами в Україні.

Серед проєктів БФ «Бібліотечна країна» після повномасштабного вторгнення варто відзначити:

- Проєкт AlterFundLib за підтримки Стабілізаційного фонду культури й освіти в Україні, який Goethe-Institut впроваджував з 2022 році разом із Міністерством закордонних справ Німеччини. Завдяки цьому проекту 20 бібліотек отримали техніку: ноутбуки, принтери, проєктор, набори блогера та павербанки, книги про проєктний менеджмент, фандрейзинг, комунікації, бізнес [2]. Учасники проєкту пройшли навчання з можливостей альтернативних джерел фінансування бібліотек (проєктний менеджемент, фандрайзинг, спільнокошт) та отримали необхідні технічні засоби для розширення своєї діяльності;
- Проєкт «Бібліотеки — бійці інформаційного фронту», в якому взяли участь 15 бібліотек Донецької області. Бібліотеки цього регіону продовжують працювати попри всі виклики жахливої війни. Переміщені, дистанційні, з особливими графіками та тимчасовими форматами, але вони — працюють. Учасники проєкту мали змогу прослухати лекції історика Олександра Алфьорова, фахівців із питань контенту, розробили Телеграм канали, отримали 285 науково-популярних книг з історії України. Під

час реалізації проєкту бібліотеки опрацювали свою роль як закладів, які крім традиційних функцій, представляють та реалізують інформаційну політику держави, а також виконують місію посилення духу боротьби в часи війни. В результаті бібліотеки стали сильнішими гравцями інформаційного поля і набули статусу фортець інформаційного спротиву України;

- Проєкт «Мережевий бібліотечний шелтер», який став логічним продовженням AlterFundLib. Мета полягала в підтримці та розвитку бібліотечної спільноти в умовах внутрішнього переміщення населення та повномасштабного вторгнення росії в Україну. Кожна із бібліотек-учасниць отримала пакет книг на теми розбудови та відновлення, розвитку та командо творення [2]. У результаті було посилено внутрішню співпрацю між бібліотеками України враховуючи виклики війни та забезпечено можливість обміну знаннями та ресурсами між громадами, які приймають переселених колег та громадами, які вимушені працювати дистанційно, без матеріально-технічної бази та основних фондів. Також, завдяки проєкту, було надано старт 4 робочим зонам для переселених колег у просторах бібліотек з більш безпечних регіонів. Разом із 4 бібліотеками та командами було створено куточки мережевого бібліотечного шелтеру — робочі місця з ноутбуком та книгами для колег-бібліотекарів, які працюють без матеріально-технічної бази та віддалено від своєї аудиторії та фондів;
- Проєкт «Книжкові гранти для бібліотек України», який впроваджують спільно Українська асоціація видавців та книгорозповсюджувачів, Благодійний фонд «Бібліотечна країна» та Благодійний фонд громади Харкова «Толока» за фінансової підтримки письменників і книготорговців Helping Ukrainian Books and Booksellers, Канадсько-Української Фундації та Українського національного об'єднання Квебека і Біржової спілки німецьких видавців. Метою цієї ініціативи було забезпечення можливості отримати благодійну допомогу у вигляді книг найактивнішим публічним бібліотекам України, в результаті бібліотеками було отримано 3 207 книжок;
- БФ «Бібліотечна країна» спільно з Українською асоціацією видавців та книгорозповсюджувачів та керівницею проєкту промоції дитячого читання «BaraBooka. Простір української дитячої книги» Тетяною Стус підготували списки літератури українською мовою для проживаючих закордоном (списки постійно доповнюються новими книгами): 400 найкращих книг для дітей віком від 3 до 16 років (вартість пакету 2200 євро), 500 найкращих книг для дорослих (вартість пакету 3500 євро), виданих у 2020–2022 роках, від 25 видавництв України, які сьогодні, в умовах воєнних дій, мають можливість постачати свої книги закордон [2]. Цей список включає кращу класичну українську літературу, а також бестселери сучасних українських письменників, лауреатів та переможців українських та міжнародних літературних конкурсів. Крім того, було сформовано список книжок згідно навчальної програми української школи для учнів 5–11 класів (75 книжок вартістю 500 євро), а також настільні ігри українських виробників для всієї родини;
- Разом з Львівської муніципальною бібліотекою та Благодійним фондом «Львів_опір», БФ «Бібліотечна країна» збирає книги іноземними мовами для українських бібліотек. Задачами акції є: наповнення книжкових фондів бібліотек; покращення знання українцями іноземних мов; розширення світогляду за рахунок пізнання іншої літератури, культури, мови. І звісно, у відповідь на поповнення європейських бібліотек україномовною літературою відбувається і збагачення фондів українських бібліотек літературою європейськими мовами. Станом на зараз точки збору літератури іноземними мовами є в Польщі, Німеччині, Великій Британії, Японії, Італії, тощо.
- Проєкт «Здорові бібліотеки», який передбачає роботу з 20 пілотними бібліотеками в громадах Львівської, Полтавської, Дніпропетровської, Рівненської областей. Мета проєкту: створення комплексної програми інформування громадян у пілотних громадах щодо профілактики неінфекційних захворювань через бібліотеки та літературу. Досвід систематичного спілкування БФ «Бібліотечна країна» з бібліотекарями підтвердив факт наявності відповідного попиту: громадяни цікавляться цими питаннями, але, на жаль, на полицях бібліотек не було представлено достатньо літератури за відповідними темами, щоб мінімально розпочати перші заходи. Бібліотекарі також не мали базових знань щодо профілактики захворювань, тому їм складно стати підготовленими помічниками у пошуку відповідних електронних, друкованих або відеоджерел інформації. Проєкт «Здорові бібліотеки» базується на відборі, придбанні та відправки книг для пілотних бібліотек на теми охорони здоров'я; проведенні лекцій для бібліотекарів на теми охорони здоров'я та профілактики неінфекційних захворювань; організації зустрічей із авторами видань на теми охорони здоров'я; обладнанні «куточків здоров'я» в кожній пілотній бібліотеці; організації стратегічної сесії/обговорення плану дій для бібліотекарів, менторська підтримка для бібліотекарів та розробці інформаційних матеріалів про роль бібліотек в зміцненні здоров'я [2].

Висновки. Отже, чого тільки сьогодні не роблять українські бібліотечні організації для підтримки бібліотек в умовах війни: і працюють у кіберпросторі проти дезінформації; і розвивають інформаційно-консультативну діяльність з правових, соціальних, питань охорони здоров'я; і допомагають бібліотекам фінансово; і організовують літературні читання, концерти, тематичні лекції, вечори пам'яті тощо. Як

ми побачили, початок повномасштабного вторгнення росії в України, дав потужний поштовх для активізації роботи українських бібліотечних організацій, і наразі головне, щоб після нашої Перемоги, вони не припинили розвивати бібліотечну сферу України, співпрацювати з міжнародними організаціями та впроваджувати міжнародні стандарти в діяльність українських бібліотек.

Література

1. ALA has raised $25,000 for the Ukrainian Library Community! URL: https://www.ala.org/aboutala/ukraine-library-relief-fund (дата звернення: 14.08.2024).

2. *Благодійний фонд «Бібліотечна країна».* URL: https://livelibrary.com.ua/ (дата звернення: 14.08.2024).

3. Руйнування культурної інфраструктури. URL: https://mcip.gov.ua/news/2024-obyekty-kulturnoyi-infrastrukturyzaznaly-poshkodzhen-chy-rujnuvan-cherez-rosijsku-agresiyu/ (дата звернення: 14.08.2024).

4. *Українська бібліотечна асоціація.* URL: https://ula.org.ua/ (дата звернення: 14.08.2024).

УДК 796

Морозов Олексій Юрійович
магістр спеціальності «Арт-медіа»
Навчально-наукового Інституту журналістики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Morozov Oleksii
Graduate of Master's Program "Art Media" in
Educational and Scientific Institute of Journalism of
Taras Shevchenko National University of Kyiv

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10201

УКРАЇНА ТА АНГЛІЯ: ПОРІВНЯННЯ ДИСКУРСУ ДОВКОЛА ВИСВІТЛЕННЯ У СОЦІАЛЬНИХ МЕДІА АМАТОРСЬКИХ І НАПІВ ПРОФЕСІЙНИХ ФУТБОЛЬНИХ КОМАНД

UKRAINE AND ENGLAND: COMPARISON OF DISCOURSE AROUND THE COVERAGE OF AMATEUR AND SEMI-PROFESSIONAL FOOTBALL TEAMS IN SOCIAL MEDIA

Анотація. *Основна мета цієї наукової статті – це всебічний аналіз і дослідження відмінностей формування і роботи аматорських футбольних команд в Україні та Англії. Чому саме таке порівняння? Якщо з вибором України як кандидата для порівняння все зрозуміло – це найближчий і найзрозуміліший приклад як для автора, так і для читачів цієї статті, то вибір Англії зумовлений масивною і, ймовірно, найбільш розвиненою в світі структурою напів професійних і аматорських ліг, кількість яких сягає 57 [1]. Це слугує прикладом того, як має функціонувати здорова градуйована система спортивних змагань, де будь-який клуб лише завдяки успішним результатам може піднятися до найвищої ліги. Звісно, якщо така мета взагалі є. Важливою функцією розвиненої футбольної системи в Англії є не тільки шлях до найвищих ліг, а й розвиток культури спорту серед людей, які сприймають це не як професію, а і як хобі. Це важливо для формування спільнот, які будуються на основі спільних інтересів, а також оздоровлення громадян країни.*

Так, повномасштабна війна в Україні є ще одним із каталізаторів розвитку аматорського спорту в Україні. Це сприятиме як формуванню спільнот, які необхідні для людей, які психологічно постраждали внаслідок повномасштабного вторгнення РФ в Україні, а також для ветеранів, які можуть мати як психологічні проблеми зі здоров'ям внаслідок війни, так і фізичні травми, більшість із яких потребує інтенсивної фізичної реабілітації і терапії, яка, зокрема, включає і футбол серед інших спортивних ігор і занять. Про розвиток спорту в українських громадах зокрема говорять і в підкомітеті з питань державної молодіжної політики Верховної Ради [2].

Ключові слова: *футбол, спорт, соціальні медіа, культура, Україна, Англія.*

Summary. *The main goal of this scientific article is a comprehensive analysis and investigation of the differences in the formation and operation of amateur and semi-professional football teams in Ukraine and England. Why this comparison exactly? While Ukraine is a clear choice due to its proximity and familiarity for both the author and the readers, England is selected because of its extensive and possibly the most developed structure of semi-professional and amateur leagues, totaling 57 [1]. This serves as an example of how a healthy tiered sports competition system should function, where any club can rise to the top league through successful results, if such an objective exists. An important function of the developed football system in England is not only the path to top leagues but also the development of sports culture among people who view it as a hobby rather than a profession. This is crucial for building communities based on shared interests and improving the health of the country's citizens.*

The ongoing war in Ukraine is also a catalyst for the development of amateur sports in the country. It will help form communities necessary for people psychologically affected by the full-scale invasion of Ukraine by Russia, as well as for veterans who may have psychological health issues or physical injuries from the war, most of which require intensive physical rehabilitation

and therapy, including football among other sports and activities. The development of sports in Ukrainian communities is also discussed in the subcommittee on state youth policy of the Verkhovna Rada of Ukraine [2].

Key words: *football, sports, social media, culture, Ukraine, England.*

Постановка проблеми. Розвиток спорту в Україні важливий, як ніколи до цього в історії країни. Навіть попри те, що Україна показує успішні результати на міжнародних змаганнях у різних видах спорту (22 місце на Олімпійських іграх-2024 у Парижі, 12 медалей), в країні відсутній базис, ґрунт для переходу спорту на інший рівень. Розвиток аматорського і напів професійного спорту — це ключ до вирішення цієї проблеми, а також один із важливих чинників для оздоровлення нації, яка зараз продовжує страждати і втрачати це здоров'я через агресію Російської Федерації.

Мета статті. На прикладі власного дослідження соціальних мереж і робіт англійських науковців показати, як дискурс в інтернеті може впливати на формування аматорського і напів професійного футболу в контексті створення спільнот. Крім того, це дослідження — лише перший крок на шляху до впровадження схожої до англійської системи в Україні або ж її повне або часткове переосмислення.

Основні результати дослідження. Аматорський футбол в Україні та Англії сприймається по-різному і на це є кілька причин. По-перше, футбольні стадіони в Англії більш розвинені інфраструктурно: мають трибуни і навіть точки продажу їжі й напоїв, що створює більш комфортні умови для вболівальників. Це напряму впливає на висвітлення аматорського футболу в соцмережах. Так, у непрофесійний футбол в Англії за рік (станом на 2023 рік) грає близько 14 мільйонів людей [3], тоді як населення країни складає близько 67 мільйонів. Крім того, аматорський футбол в Англії генерує дохід для держави: у 2021 році дослідження показало, що напів професійний футбол у країні щороку створює соціальну й економічну цінність у 10 мільярдів фунтів стерлінгів [4].

Поки англійський аматорський футбол розвивається, то український напів професійний футбол перебуває у кризі. Так, в Україні зараз існує негативний тренд на кількість команд-учасників чемпіонатів України з футболу серед аматорських команд [5]. З 2018 року їхня кількість щороку зменшувалася: з 35 до 15 у сезоні 2022/2023. Ці показники — ключові для розвитку спорту. Серед причин зменшення кількості учасників пандемію COVID-19, а також початок повномасштабного вторгнення РФ.

В Україні працює громадська організація Асоціація аматорського футболу в Україні, яка регулярно оновлює свій сайт із розкладом матчів, таблицями і подіями змагань. Утім, висвітлення в соціальних медіа (Instagram, Facebook, Twitter) в Асоціації лише часткове й нерегулярне, ймовірно, через нестачу фінансування, яке потрібно для того, щоб найняти SM-спеціаліста. У такому випадку відсутність будь-якого контенту відсікає можливість звернути увагу людей молодшого покоління, яке має кліпові мислення й користується переважно лише соціальними медіа. На менше висвітлення аматорського футболу в соціальних медіа, імовірно, також впливає гірший економічний розвиток України, а через це й гірше забезпечення середньостатистичного громадянина, який може не мати грошей для телефону з камерою, яка дозволила би створити потрібний для соцмереж контент. Замість Асоціації відповідальність за інформаційне забезпечення беруть на себе обласні асоціації футболу.

Важливість розвитку аматорського і напів професійного футболу не варто недооцінювати також у контексті футбольних симуляторів, зокрема, Football Manager 24 та інших. Кількість гравців у футбольний симулятор Football Manager 24 сягнула семи мільйонів у 2024 році [6]. У цій грі часто використовують для гри невідомі клуби, які шукають на різних майданчиках у соціальних мережах [7]. Наявність будь-яких українських клубів із історією та традиціями може створити інтерес серед гравців із інших країн, і в такий спосіб просувати національний бренд за кордоном.

Постає запитання, як такі аматорські й напів професійні клуби мають утримувати себе, якщо призових за змагання недостатньо, а міська, районна чи сільська рада не планує допомагати фінансуванням? Це проблема № 1 для всього українського футболу, який з наявною системою утримання залежить суто від власника-бізнесмена, який може вирішити припинити існування клубу, навіть якщо це клуб із 100-літньою історією, після одного або двох сезонів. Щороку в Першій чи Другій лігах України з'являється кілька клубів, які мають достатньо коштів, щоб пройти шлях від нижчого дивізіону до кваліфікацій єврокубків. Найбільш свіжий приклад — житомирське «Полісся», яке сезон 2023/24 в Українській Прем'єр Лізі завершило на п'ятій сходинці й отримало шанс потрапити в Лігу конференцій. Утім, паралельно завжди відбувається й зворотній процес: якийсь із уже відомих клубів припиняє існування, як, наприклад, ФК «Нива Бузова».

Якщо можливості заробляти достатні кошти немає, є альтернативні варіанти, вказує профільне англійській видання The Non-League Football Paper [8]. Так, якщо клуби мають власний стадіон і територію довкола нього, клуби можуть здавати в оренду певні приміщення для різних заходів, проводити благодійні події і залучати локальні бізнеси до проєктів.

Висновки. Україна наразі не має ресурсів вийти на рівень розвитку аматорську футболу через низку причин, одна з яких — повномасштабна війна в країні, а інша — відсутність фінансування й політичної волі збудувати розгалужену систему аматорського футболу. Це попри те, що Україна у 2024 році і збільшила фінансування вдвічі, якщо порівнювати з 2023 роком (7,5 мільярда гривень проти 3,7 мільярда). Фінансування збільшили для великої кількості видів спорту, зокрема й через Олімпіаду-2024. Футбол — не серед лідерів за фінансуванням у 2024 році [9].

Література

1. English Football League Pyramid System Guide. *William Hill.* 2023. URL: https://news.williamhill.com/football/english-football-league-pyramid-system/ (дата звернення: 20.08.2024).

2. «Спорт ветеранів війни необхідно розвивати в громадах». *Верховна Рада Україна.* 2024. URL: https://komsport.rada.gov.ua/news/main_news/76877.html (дата звернення: 20.08.2024).

3. Is Grassroots Football Thriving in England?. *bromsgrovestandard.co.uk.* 2023. URL: https://bromsgrovestandard.co.uk/lifestyle/is-grassroots-football-thriving-in-england/ (дата звернення: 20.08.2024).

4. English grassroots football adds billions in social and economic value. *www.consultancy.uk.* 2021. URL: https://www.consultancy.uk/news/28926/english-grassroots-football-adds-billions-in-social-and-economic-value (дата звернення: 20.08.2024).

5. Дорошенко І., Сватьєв А. Розвиток аматорського футболу в Україні. *Видання Харківської державної академії фізичної культури кафедри спортивних і рухливих ігор та кафедри одноборств.* 2023. № 1. С. 61–64.

6. Football Manager 2024 breaks records, scores seven million player milestone. *Sports-interactive.com.* 2024. URL: https://www.sports-interactive.com/news/football-manager-2024-breaks-records-scores-seven-million-player-milestone (дата звернення: 20.08.2024).

7. English Non-League Clubs with backstory. *Reddit.com.* 2023. URL: https://www.reddit.com/r/footballmanagergames/comments/143h5j5/english_nonleague_clubs_with_backstory/ (дата звернення: 20.08.2024).

8. Financial Strategies of Lower League Clubs in England. *The Non-League Footballl Paper.* 2023. URL: https://www.thenonleaguefootballpaper.com/guest-posts/447273/financial-strategies-of-lower-league-clubs-in-england/ (дата звернення: 20.08.2024).

9. Решнюк М. Як Україна фінансує спорт у 2024 році. Інфографіка *Tribuna.com.* 2024. URL: https://ua.tribuna.com/uk/blogs/imbalance/3098329-yak-ukrayina-finansuye-sport-u-2024-roczi-infografika-tribunac/ (дата звернення: 20.08.2024).

References

1. English Football League Pyramid System Guide. *William Hill.* 2023. URL: https://news.williamhill.com/football/english-football-league-pyramid-system/.

2. “Sports of war veterans must be developed in communities”. *Verkhovna Rada Ukraine.* 2024. URL: https://komsport.rada.gov.ua/news/main_news/76877.html.

3. Is Grassroots Football Thriving in England? *bromsgrovestandard.co.uk.* 2023. URL: https://bromsgrovestandard.co.uk/lifestyle/is-grassroots-football-thriving-in-england/.

4. English grassroots football adds billions in social and economic value. *www.consultancy.uk.* 2021. URL: https://www.consultancy.uk/news/28926/english-grassroots-football-adds-billions-in-social-and-economic-value.

5. Doroshenko I., Svatiev A. Development of amateur football in Ukraine. *Publication of the Kharkiv State Academy of Physical Culture of the Department of Sports and Movement Games and the Department of Martial Arts.* 2023. No. 1. P. 61–64.

6. Football Manager 2024 breaks records, scores seven million player milestone. *Sports-interactive.com.* 2024. URL: https://www.sports-interactive.com/news/football-manager-2024-breaks-records-scores-seven-million-player-milestone.

7. English Non-League Clubs with backstory. *Reddit.com.* 2023. URL: https://www.reddit.com/r/footballmanagergames/comments/143h5j5/english_nonleague_clubs_with_backstory/.

8. Financial Strategies of Lower League Clubs in England. *The Non-League Footballl Paper.* 2023. URL: https://www.thenonleaguefootballpaper.com/guest-posts/447273/financial-strategies-of-lower-league-clubs-in-england/.

9. Reshniuk M. How Ukraine finances sports in 2024. *Tribuna.com infographic.* URL: https://ua.tribuna.com/uk/blogs/imbalance/3098329-yak-ukrayina-finansuye-sport-u-2024-roczi-infografika-tribunac/.

UDC 621.311.243

Allakhveranov Rauf
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Radio Electronics

Osman Amira
Master Student of the
Kharkiv National University of Radio Electronics

Pashchenko Oleksandr
Senior Full-stack Engineer
Softserve Company, Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10118

INCREASING SOLAR MODULES' OPERATION EFFICIENCY THROUGH THE USE OF FLAT FOCLINE CONCENTRATORS

Summary. *The issues of increasing the efficiency of solar modules through the use of flat focal concentrators are considered. Experimental studies have proven that the Iscc values change with changes in illumination, while the open-circuit voltage Uir values remain practically unchanged.*

Key words: *Solar Cells, Module, Focline, Concentration Coefficient, Short Circuit Current, Open Circuit Voltage, Time Intervals.*

Introduction. The ability to reduce the cost of expensive $A^{III}B^{V}$ type semiconductor materials in solar cells, when using concentrated solar radiation, maks it possible not only to reduce significantly the cost of solar cells compared to conventional planar solar cells, but also to maintain, and in some cases significantly improve their energy parameters.

Calculation of the highest solar radiation concentration coefficient. In the process of carrying out the work, analytical calculations were carried out to determine the maximum concentration coefficient of solar radiation at the optimal ratio of the angle of inclination θ_k and height of the reflective surface for flat foclines.

The concentration coefficient was calculated based on the geometric components presented in Figure 1.

The expression for the average concentration coefficient C_f has the form:

$$C_f = 1 + N\sum_{n=1}^{n_k}(-1)^n R_c^n \cos 2n\theta_k, \qquad (1)$$

where N — is the number of concentrator faces;
R_c^n — is the reflection coefficient

The geometric concentration coefficient C_g has the form:

$$C_g = 1 + R_c^n N \frac{a}{a_0}\cos 2n\theta_k, \qquad (2)$$

where a — is the reflective surface width;
a_0 — is the radiation receiver width;
θ_k — is the angle of inclination of the reflecting surface.

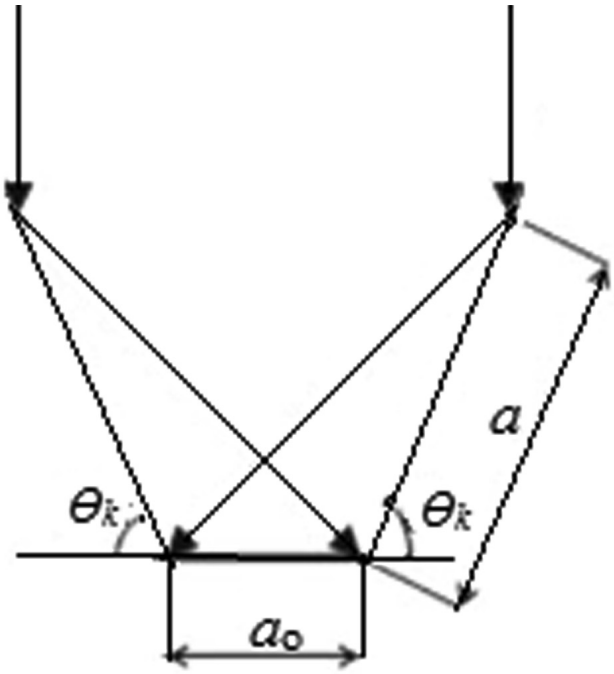


Fig. 1. Scheme of the focline's geometric components

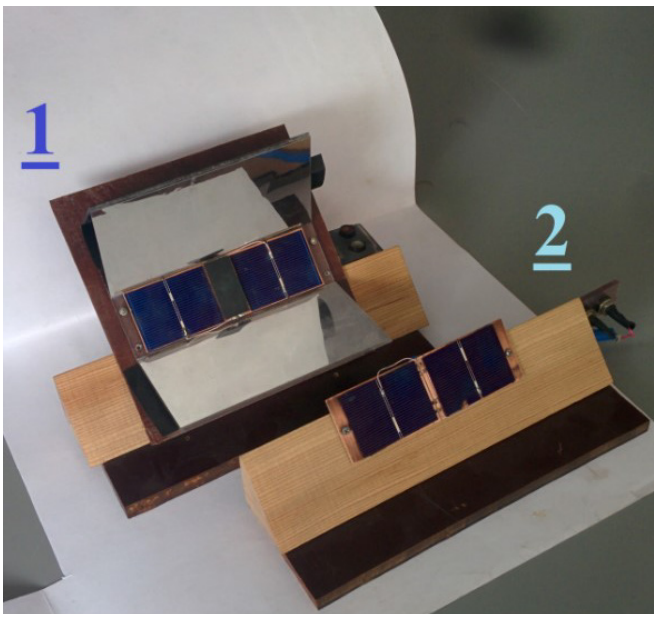


Fig. 2. Focline concentrator module

The problem solved by the authors in this work was to study a concentrator solar module based on flat foclines with improved optical efficiency.

The main element of a flat concentrator is flat reflective surfaces, which play a primary role in increasing the efficiency of the system as a whole. To ensure even distribution of illumination across the solar panel, the reflectors must be perfectly flat. At the same time, flat foclines retain the original value of the average concentration coefficient with low accuracy of orientation of the reflector axes on the Sun.

A focline concentrator module, shown in Figure 2, with flat reflectors (Fig. 2, 1) and a photoreceiver (Fig. 2, 2) were manufactured to carry out experimental studies.

Both modules use two identical monocrystalline silicon photovoltaic converters connected in series.

To carry out measurements along the horizontal axis, we calculate the initially normalized values t_n of time intervals using expression (3):

$$t_n = \frac{t - t_0}{30}, \quad t = t_0 + 30n, \tag{3}$$

where t_0 — is the start of measurements, min.;

t — is the current time, min.;

n — is the measurement interval.

After measuring the short-circuit current I_{scc} and the open-circuit voltage U_{ir} of the focline concentrator module (FCM) and the control photoreceiver module (CPM), we calculate the concentration coefficient C_c using formula (4):

$$C_c = \frac{P_{FC}}{P_{CPM}} \cdot FF, \tag{4}$$

where P_{FCM} — is the focline concentrator module power, mW/cm^2;

P_{CPM} — is the control photoreceiver module power, mW/cm^2

FF — is the parameter of mono silicon, in calculations we assume that FF = 0,17.

The results of measurements and calculations will be put in Table 1.

According to the results obtained, shown in Table 1, we will build plots of time dependencies (Fig. 3).

After conducting experimental studies, we will move on to conclusions about the work.

Conclusions. The conducted research allows us to draw the following conclusions:

– with constant time flushing and a one-hour increase in temperature, the I_{scc} parameters practically do not change;
– the I_{scc} plot actually reproduces the change in illumination. The minimum at point 4 (see Fig. 3) is associated with partly cloudy;
– the decrease in the concentration coefficient Cc between intervals 5 and 4 (see Fig. 3) confirms the beginning of degradation processes;
– the use of focline concentrators with flat light reflectors makes it possible to relatively simply increase the light flux density by 1,5–2,4 times and, accordingly, the photoconversion efficiency;
– to ensure the thermal regime of the photoelectric converter crystal, taking into account the ambient temperature and a given concentration coefficient $C_c \geq 3$, it is necessary to introduce additional structural elements that provide heat removal.

Table 1

Results of measurements and calculations

Module parameters		Time intervals				
		1	2	3	4	5
FCM	I_{scc}, mA/cm^2	1,03	1,08	1,13	1,15	1,78
	U_{ir}, V	0,78	1,25	1,48	1,6	1,12
	P_{FCM}, mW/cm^2	0,81	1,35	1,67	1,82	2,09
CPM	I_{scc}, mA/cm^2	1,56	1,87	2,01	1,59	1,99
	U_{ir}, V	0,35	0,42	0,47	0,47	0,45
	P_{CPM}, mW/cm^2	0,54	0,78	0,94	0,74	0,91
	C_c	1,5	1,7	1,8	2,4	2,2

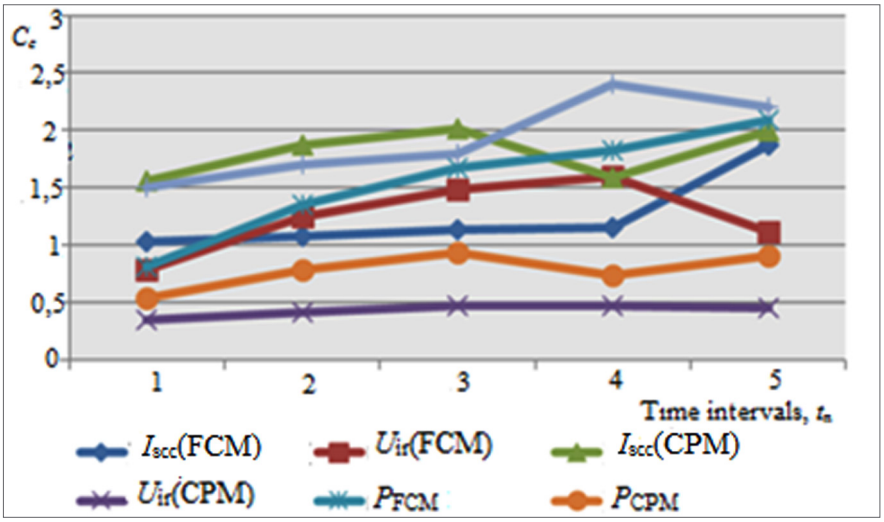


Fig. 3. Time dependency plots

References

1. Yogi Goswami D., Kreith F., Kreider J. F. Principles of Solar Engineering. New York: Taylor & Francis Group, 2000. 694 p.

2. Tiwari G. N. Solar Energy. Fundamentals, Design, Modeling and Applications. New Dehli: Alpha Science International Ltd, 2006. 525 p.

3. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2006. 908 p.

4. Rabl A. Active Solar Collectors and Their Applications. New York: Oxford University Press, 1985. 503 p.

5. Jesko Ž., Kanceviča L., Ziemelis I. Comparison of Solar Collectors and Conventional Technologies Used for Water Heating in Latvia. *Engineering for Rural Development: proceedings* (May 24–25, 2007, Jelgava, Latvia). Latvia University of Agriculture, Faculty of Engineering, 2007. P. 35–40.

UDC 532.546.2

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

Kuzmenko Igor
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,
NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

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

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10238

STUDY OF HYDRODYNAMICS REGULARITIES IN CONTACT APPARATUS OF COUNTER-CURRENT TYPE

Summary. *The article examines the flow patterns in counter-current contact devices in a laminar mode. The characteristics of heat carriers that affect the stabilization of flow in devices, which largely determine the efficiency of counter-current devices, are studied.*

Key words: *counter-current contact devices, heat carrier, laminar mode, stabilization section, liquid film thickness.*

Introduction. The widespread use of counter-current devices is due to the fact that they have a number of advantages. These devices have high thermal efficiency due to the developed heat exchange surface and direct contact of the heat carriers. Due to the simplicity of the design and reduced metal consumption, they are characterized by relatively small capital costs for the manufacture of the contact device. The insignificant hydraulic resistance of the device and the ease of its use determine small operating costs. These devices are widely used in such industries as the petrochemical, chemical, food industry, energy, etc.

A large number of works are devoted to the study of transfer processes in contact devices [1–24]. Of particular interest is the study of the flow patterns in these devices. In this case, it is important to study the characteristics of flow stabilization, which largely determines the efficiency of contact devices.

The purpose of this work was to study the movement of gas flow and liquid film in contact devices of counter-current type in laminar mode. Particular attention was paid to determining the length of the hydrodynamic stabilization section in devices of this type.

To determine the length of the stabilization section, a set of computational experiments was carried out based on the proposed model. At the outlet of the channel, the pressure was set equal to atmospheric pressure, and at the inlet of the channel, the flow velocity values were set. To form developed flow velocity profiles, there are two pre-included sections in front of the coaxial channel: by air (h = 0…50 mm) and by liquid film (h = 1050…1000 mm).

The boundary conditions at the boundary of the flows and on the wall were determined by the adhesion condition. At the boundary of the flows, the condition of equality of friction forces was added. The influence of gravity on the flows was taken into account; the initial volume fraction of water in the air was taken equal to zero in all cases.

The studies were carried out in the following range of parameter changes at the channel inlet: water velocity is W_f = 0.12–0.6 m/s, water film thickness δ_f = 0.22–0.42 mm; in the laminar flow regime, the velocity is W_{air} = 0.3…1.5 m/s, which corresponds to Re_{air} = 420…2100. The height of the coaxial channel is H = 1.0 m; its diameters $d_1 = (2...34)10^{-3}$ m,

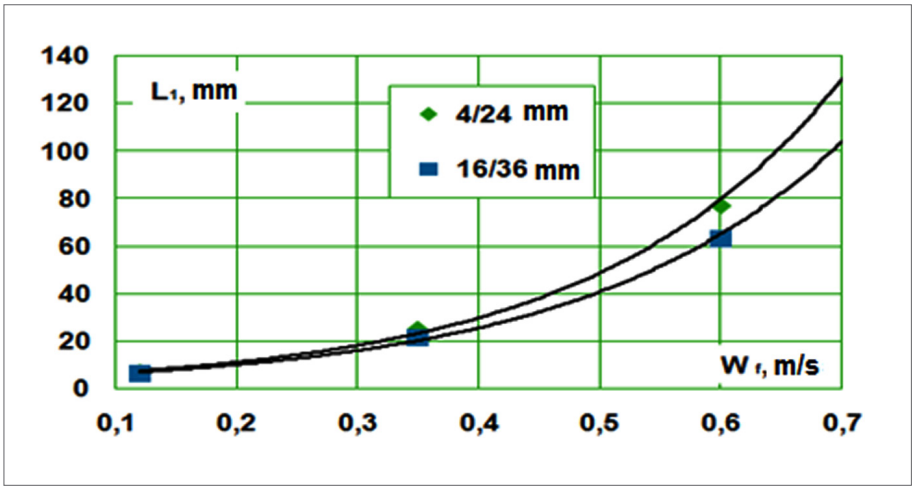


Fig. 1. Dependence of the length of the stabilization section on the film speed for different diameters of the coaxial channel. Air speed 0.85 m/s, corresponding to Re_{air} = 1200, H =1 m, film thickness 0,22…0,42 mm

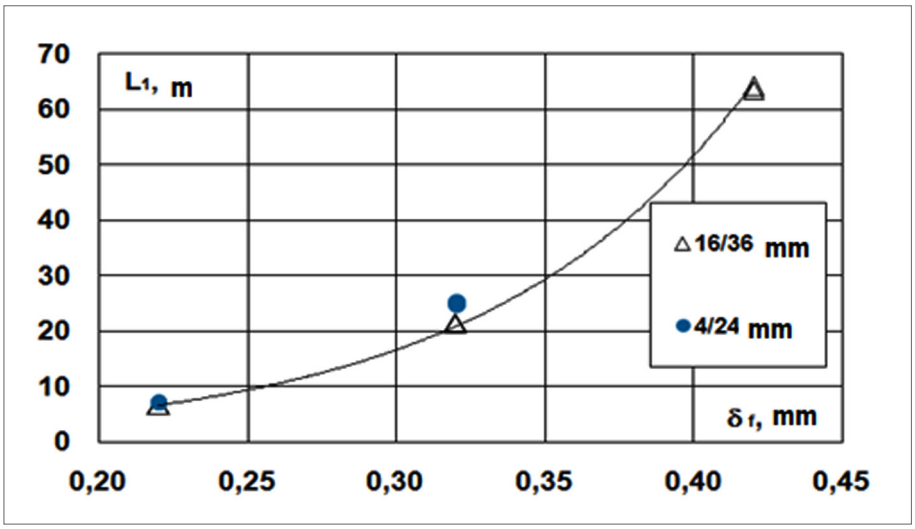


Fig. 2. Dependence of the length of the stabilization section on the film speed of 0.22…0.42 mm with changes in channel diameters. Air speed 0.3–1.5 m/s, corresponding to Re_{air} = 424–2120, H = 1 m, water film speed 0.12–0.6 m/s

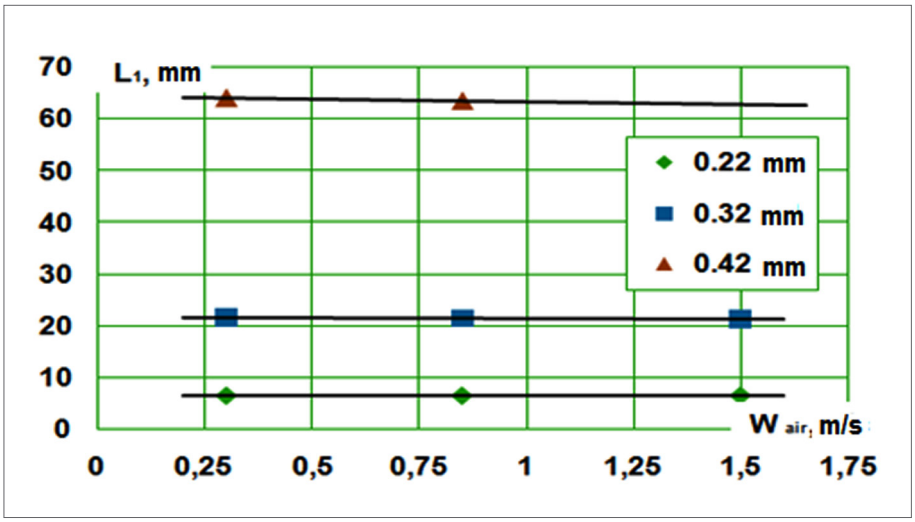


Fig. 3. Dependence of the length of the stabilization section on the air speed for different film thicknesses of 0.22…0.42 mm; channel height H = 1 m, coaxial channel diameters 16/36 mm

$\Delta d = (20...34)10^{-2}$ m. During the modeling process, a wall step of 0.025 mm in air and 0.01 mm in a water film was selected, which is less than the thickness of the minimum boundary layer at a distance of 1 mm (water 1.2e^{-4} m and air 4.8e^{-4} m).

The obtained results of modeling are presented in Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3. As follows from the data presented in Fig. 1 and Fig. 2, the main factors determining the length of the stabilization section in counter-current contact devices with laminar flow are the liquid film speed and its thickness. The geometric parameters of the channel and the air speed with laminar flow have virtually no effect on the length of this section (Fig. 2, Fig. 3).

In its final form, the equation describing the length of the hydrodynamic stabilization section in the film has the form

$$L_1 / H = \exp(43,868)(\delta / H)^{5,6} \mathrm{Re}_f^{-0,57}.$$

The equation is obtained in the range

$$\delta / H = (2,2...4,2)10^{-4},\ \Delta d / H = (20...34)10^{-3},$$

$$d_1 / H = (2...34)10^{-3},\ Re_f = 20...200,$$

$$Re_{air} = 400...2100.$$

Conclusions. Based on CFD modeling, studies were performed to study the flow patterns in counter-current type contact devices under laminar modes of counter-movement of liquid and air films. It was investigated that the length of the section of hydrodynamic stabilization of the liquid film is determined mainly by the speed of the liquid film at the entrance to the coaxial channel, as well as the thickness of the liquid film. And it was found that the length is almost independent of the geometric characteristics of the channel and the parameters of the air flow. The results of mathematical modeling for the obtained criterial equation for determining the length of the section of hydrodynamic stabilization are also summarized.

Literature

1. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Пресіч Г. О., Гнєдаш Г. О., Шевчук С. І. Удосконалення комбінованої теплоутилізаційної системи для підігрівання і зволоження дуттьового повітря газоспоживальних котлоагрегатів. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 6(125). С. 65–69. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8064.

2. Фіалко Н. М., Пресіч Г. О., Навродська Р. О. Гнєдаш Г. О., Глушак О. Ю. Прогресивна теплоутилізаційна технологія для модернізації газоспоживальних парових котлоагрегатів. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 11(130). С. 38–42. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-11-8285.

3. Фиалко Н. М., Пресич Г. А., Навродская Р. А., Гнедаш Г. А., Шевчук С. И. Сокращение расходов подпиточной воды в комбинированных теплоутилизационных агрегатах. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2020. № 11(91). С. 103–106. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-11-6187.

4. 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. *Science and innovations.* 2020. 16(3) P. 47–53. doi: https://doi.org/10.15407/scin16.03.047.

5. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Пресіч Г. О., Гнєдаш Г. О., Шевчук С. І., Степанова А. І. Комбіновані теплоутилізаційні системи для газоспоживальних котлів комунальної теплоенергетики. Київ : Про формат, 2019. 192 с.

6. 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. *DOK E3S Web Conf.* 2019. Vol. 100. (11th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO). doi: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055.

7. Фіалко Н. М., Пресіч Г. О., Гнєдаш Г. О., Шевчук С. І., Дашковська І. Л. Підвищення ефективності теплоутилізаційних систем для підігрівання та зволоження дуттьового повітря газоспоживальних котлоагрегатів. *Промышленная теплотехника.* 2018. 40, № 3. С. 38–45.

8. Фіалко Н. М., Навродська Р. О., Пресіч Г. О., Гнєдаш Г. О., Шевчук С. І., Мартюк О. В. Підвищення екологічної ефективності комплексних теплоутилізаційнихсистем котельних установок. *Промышленная теплотехника.* 2018. 40, № 2. С. 27–32.

9. Фіалко Н. М., Пресіч Г. О., Гнєдаш Г. О., Навродська Р. О., Новаківський М. О. Технологія утилізації теплоти димових газів з підвищеним вологовмістом для газоспоживальних котлів комунальної теплоенергетики. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* 2018. № 45 (1321). С. 70–77. doi: https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.12.01.

10. Fialko N., Presich G., Navrodska R., Gnedash G., Shevchuk S. Improving the ecological indacators of gas-fired boiler plants at the use of complex heat-recovery systems. *International scientific journal "Innovations". Scienticic technical union of mechanical engineering. "Industry 4.0", "National scientific technical socienty automation in discrete productions".* Sofia, Bulgaria, 2018. VI, Is. 2. P. 79–81.

11. Фиалко Н. М., Степанова А. И., Пресич Г. А., Гнедаш Г. А. Анализ еффективности теплоутилизационной установки для нагревания и увлажнения дутьевого воздуха котлоагрегата. *Промышленная теплотехника.* 2015. Т. 37, № 4. С. 71–79. doi: https://doi.org/10.31472/ihe.4.2015.08.

12. Фіалко Н. М., Пресіч Г. О., Навродська Р. О., Гнєдаш Г. О. Удосконалення комплексної системи утилізації теплоти відхідних газів котлоагрегатів для підігрівання і зволоження дуттьового повітря. *Промислова теплотехніка*. 2011. Т. 33, № 5. С. 88–95.

13. Fialko N., Babak V., Navrodska R., Shevchuk S., Meranova N. Methods of Ecologization of Gas-Consuming Industrial Furnaces by Using Waste Heat Recovery Technologies. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 454. Springer, Cham, 2023. P. 239–252. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22464-5_13.

14. Lavalle G., Li Y., Mergui S., Grenier N., Dietze G. Suppression of the Kapitza instability in confined falling liquid films. *Journal of Fluid Mechanics.* 2019. 860. P. 608–639. doi: 10.1017/jfm.2018.902.

15. Navrodska R., Fialko N. Increasing the environmental and energy efficiency of glass melting furnaces. Wissenschaft für den modernen Menschen: Umwelt-, Energie- und Wirtschaftsaspekte moderner Technologien. *Monografische Reihe "Europäische Wissenschaft".* doi: https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-16-02.

16. Besagni G., Pasquali A., Gallazzini L. et al. The effect of aspect ratio in counter-current gas-liquid bubble columns: Experimental results and gas holdup correlations. *International Journal of Multiphase Flow*. 2017. 94. P. 53–78. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.04.015.

17. Kofman N., Mergui S., Ruyer-Quil C. Characteristics of solitary waves on a falling liquid film sheared by a turbulent counter-current gas flow. *International Journal of Multiphase Flow*. 2017. 95. P. 22–34. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.05.007.

18. Jingjing Zhao, Hanzhong tao, Jianjie Cheng et al. A numerical analysis of the characteristics of interfacial waves on the onset of flooding in an inclined pipe. *International Journal of Multiphase Flow.* 2020. 132. P. 103400. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2020.103400.

19. Chuang-Yao Zhao, Li-Wen Liang, Di Qi et al. The effect of gas streams on the hydrodynamics, heat and mass transfer in falling film evaporation, absorption, cooling and dehumidification: A comprehensive review. *Building and Environment.* 2022. 219. 109183. doi: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109183.

20. Sayegh M. AL, Rouzineau D., Meyer M. at el. Impact of physico-chemical properties on falling liquid films flow over flat and corrugated surfaces. *International Journal of Multiphase Flow.* 2022. 155. 104170. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2022.104170.

21. Фіалко Н. М., Кузьменко І. М. Моделювання режимів зустрічного руху потоків у коаксіальному каналі контактного апарата. *Проблеми теплофізики та теплоенергетики: тези XIII Міжнародної онлайн-конференції.* Київ, 2023. 138 с.

22. Lavalle G., Mergui S., Grenier N. et al. Superconfined falling liquid films: Linear versus nonlinear dynamics. *Journal of Fluid Mechanics*. 2021. 919. R2. doi: https://doi.org/10.1017/jfm.2021.417.

23. Cooling Tower. URL: https://issuu.com/rootpluspot/docs/2022_221028_.pdf (date of access: 15.08.2024).

24. Collignon R., Caballina O., Lemoine F. et al. Simultaneous temperature and thickness measurements of falling liquid films by laser-induced fluorescence. *Exp Fluids.* 2022. 63. Ar. N. 68. doi: https://doi.org/10.1007/s00348-022-03420-x.

UDC 666.1

Nadtochii Yurii
Doctor of Economics
Cracow University of Economics

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10168

THE MEANING AND FUTURE OF FIBERGLASS IN MODERN ENGINEERING

Summary. *This paper examines the advantages of using fiberglass-based composite materials in the production of automotive components. The potential of fiberglass-based composites to replace metal structures in vehicles for achieving superior performance characteristics in the automotive industry is explored. Due to their high durability, strength, lightweight, and corrosion resistance, composites with ballistic properties are widely utilized. Attributes such as fire and lightning resistance can be achieved through a straightforward and cost-effective manufacturing process. It is noted that structural elements of vehicles such as chassis, braking system components, steering systems, battery and charging-related components, as well as differential and suspension systems, can be manufactured using fiberglass-based composite materials.*

The use of fiberglass-based composites reduces overall costs compared to traditional materials, thereby expanding opportunities for vehicle manufacturers. The potential of self-healing composites in automotive engineering is highlighted as a promising development.

Key words: *Fiberglass, composite materials, epoxy resin, engineering, self-healing, economic feasibility, polyester.*

Polymers are attractive matrices for composites due to their relatively low density, ease of processing, and excellent mechanical properties. High-temperature resins are widely used in modern engineering. Fiberglass reinforcement receives the main load, especially if the composite consists of fibers dispersed in a weak matrix (for example, carbon-epoxy composite) [1–5]. Fiberglass (GRP or FRP-fiberglass) is made of interwoven glass fibers bonded with resin. It gained popularity due to its excellent characteristics.

The history of fiberglass dates back to ancient civilizations such as the Egyptians and Phoenicians, who first experimented with fiberglass for decorative purposes. However, its scope was limited, only coarse fibers were produced, and its true potential remained unrealized.

In the late 19th century, John Player developed an innovative process for the mass production of fiberglass, mainly for insulation. In 1880, Hermann Hammesfahr received a patent for a fabric made of fiberglass mixed with silk, which made it strong and fire resistant. These achievements laid the foundation for future innovations [8].

In the 1930s, researcher Dale Kleist accidentally discovered the technology for obtaining thin glass fibers while trying to weld glass blocks. Realizing the potential of this accidental discovery, engineers improved the technology of glass fiber production and patented it in 1933. This was a turning point when, in 1932, the air filter — the first commercially successful fiberglass product — appeared on the market.

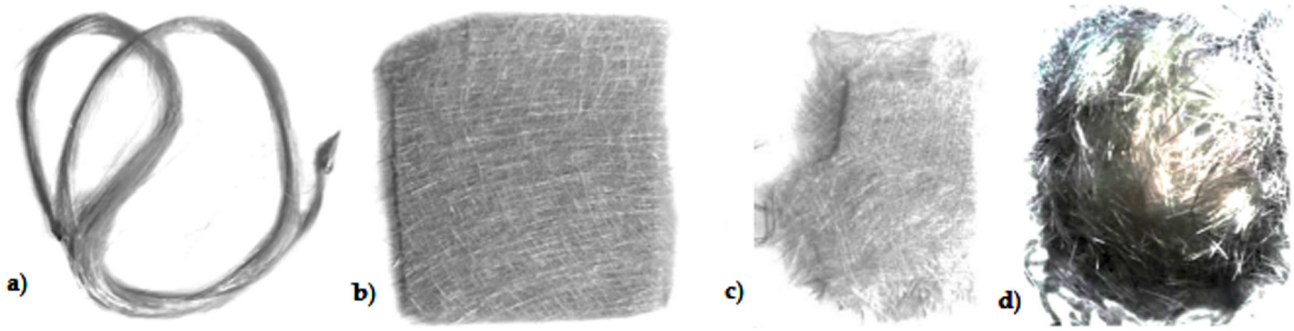


Fig. 1. The main types of fiberglass: with a continuous long thread (a), braided and randomly located (b), fibers with a matte cut (c) and chopped (d)

Currently, this material is used in various fields of human activity, such as buildings and structures of the industrial and civil complex (29%), transport (25%), electricity and electronics (16%), sports and recreation (14%) and industrial equipment (11%). Among the valuable properties of fiberglass, the following advantages can be distinguished: affordable price, light weight, fire resistance and excellent environmental characteristics (composite materials are recyclable, which is convenient for use in environmentally friendly technologies) [10–15].

Fiberglass is widely used for the production of various reinforced composite materials. Fiberglass insulation is one of the most commonly used insulating materials in construction. It is made from recycled shards of glass and sand, and can be purchased in the form of sheets and blankets. Due to the soft structure of fiberglass insulation, irregularities are easily eliminated.

For example, fiberglass is used for reinforcement, insulation, and optics. In most cases (9 out of 10), fiberglass is used to reinforce concrete or polymers (thermosetting plastic materials such as polyester or epoxy resin) to produce composite materials that can replace steel. For insulation, glass is used in the form of short fibers that form a kind of mattress, often called glass wool. This material is also used for thermal insulation. Fiberglass has high tensile strength: 3400 MPa… 4400 MPa. The fibers in the composite material are protected by a binder and resin. The chemical properties of fiberglass are perfectly manifested when exposed to a humid environment or water. Fiberglass has thermal resistance formed by structural bonds at high temperature, which is called thermal compaction [7].

Let us analyze in more detail the main advantages of fiberglass-based composite materials. Composite materials have a tensile strength that is 15 times higher than similar characteristics of conventional materials. A strength-to-weight ratio of material, known as specific strength, compares its strength to its weight. The high strength-to-weight ratio of composites is perhaps their most significant advantage. Multi-layer composite materials absorb more energy than conventional single-layer steel, allowing automotive engineers to reduce vehicle weight by as much as 60% while improving crash safety. For example, one can make a composite material that does not bend in one direction, while the metal must be thicker to achieve a similar level of strength.

Durability and resistance to damage. Metals are prone to fatigue, while composites retain their shape in hot or cold weather, in wet or dry conditions, without corroding. Composites are more economical in terms of price per cubic inch and cost of raw materials [9].

Impact resistance. Composites can be designed to withstand impacts such as a sudden bullet impact or blast wave. Due to this characteristic, composites are used to make bulletproof vests and panels, as well as to protect buildings, military equipment, helmets and aircraft from explosions.

Corrosion resistance. Products based on composites are highly resistant to aggressive chemical and temperature influences. For more than 25 years, numerous cases of successful operation of air ducts made of fiberglass reinforced polymer in aggressive chemical conditions around the clock have been recorded at chemical industry enterprises. Composite materials containing fiberglass are resistant to corrosion under the influence of oxygen, moisture, aggressive substances, salt water and humid environments. For this reason, composite materials are an important component of the marine industry and companies that transport products and chemicals through pipelines and in containers [6].

Thermal conductivity. Composite materials have low thermal and electrical conductivity, making them excellent insulators for components that require insulation. However, if it is necessary to create heat-conducting parts, heat-conducting materials can be included in the composition of the composite, while maintaining the necessary properties of the composites. For example, polyamide composites have very high thermal conductivity. They are less heavy than metals with a high glass transition temperature. This material can be modified to obtain the best properties depending on the application by substituting carbon fibers that have a low coefficient of thermal expansion (CTE).

Non-magnetic properties. Since composites do not contain metals, they do not have magnetic properties, which allows them to be used in sensitive technological equipment. The large magnets used in magnetic resonance imaging (MRI) machines work more efficiently without magnetic interference. Composite materials inside microchannels are magnetized when two rectangular permanent magnets of the same polarity are placed in the middle of the channel length so that the direction of their magnetization is perpendicular to the channel wall [16].

Flexibility of design. Composite materials provide structural flexibility in the automotive industry, allowing engineers and designers to create more inventive and efficient designs than traditional metals. Composite materials can be given complex shapes to create aesthetic and economical designs, enhancing the aesthetic appeal and functionality of car exteriors. Composites can be easily adapted to ensure environmental safety. Engineers can tune the mechanical properties of composite materials by changing fiber type, orientation, and stacking order, providing components with precise stiffness, strength, and damping characteristics. Composite materials can be combined into a single part, which simplifies the design and eliminates the need for several components, acting as a soundproofing, heat-insulating and structural element.

Dimensional stability. Dimensional stability is especially important and critical to the structural

integrity and long-term performance of automotive components. For this reason, composite materials are used in the automotive industry to reduce mechanical loads and environmental factors. A low coefficient of thermal expansion is a key design technique for automotive applications, as it minimizes dimensional changes and provides maximum dimensional stability under temperature fluctuations. Some composites, especially those with an organic matrix, can undergo dimensional changes due to moisture absorption, but these changes can be minimized by appropriate design and material selection.

Chemical resistance. Composite materials are becoming increasingly popular in the automotive industry due to their chemical resistance, which is determined by the type of material and environmental conditions.

Electrical non-conductivity. The low electrical conductivity of composite materials is crucial to prevent problems such as interference and short circuits. Their electrical conductivity depends on the used fibers, matrix materials and additives [18].

Flexibility of design. Composite materials open up new possibilities for design due to their versatility. With proper tool design and operating conditions, traditional machining methods including drilling, turning, sawing, milling, and grinding can be used to process composite materials. Other non-traditional methods are also used, such as water jet, laser, electric discharge and ultrasonic processing.

Manufacturing methods. Depending on the type of composite and specific application in the automotive industry, various methods of manufacturing composite materials are used. Let us describe several typical manufacturing methods [17]:

– Hand laying. One of the earliest and most basic methods is hand or manual laying, which involves applying layers of reinforcing materials to the form by hand. The polymer matrix is also poured manually in layers. This method is often used for prototyping or small-volume production. Various methods can be recommended for the manufacture of composite plate leaf springs.

A type of reinforcement known as “pre-cut, pre-impregnated” is applied by hand in individual layers in a manufacturing process called “hand laying”. This method involves the processing of a large number of fibers pre-impregnated with resin, collected in harnesses and either woven together or arranged in one unidirectional layer. Each layer is molded by hand into the required shape before it is firmly glued to the surface of the previous layer or mold, leaving no gaps between the layers. The hand layup method is often used to create fiberglass and composite automotive materials. Composite materials that store strain energy well include e-glass/epoxy in the direction of the fibers. As a result, the stacking is chosen in such a way that it is unidirectional along the longitudinal direction of the spring [19].

– Resin Transfer Molding (RTM). According to this technology, dry reinforcing materials are placed in the cavity of the mold during the molding process, followed by the injection of polymer resin under pressure. Resin transfer molding technology allows better control of resin content and part thickness and is suitable for medium volume production. Thanks to automation capabilities, interesting product characteristics and reproducibility of parts, RTM is attractive to the automotive industry. Recent studies of the injection molding process using multigate resin transfer molding have shown that air voids are often formed in the weld lines or in the resin contact zone due to the head-on collision of opposing resin streams. RTM technology is well suited for manufacturing parts that require a high strength-to-weight ratio, excellent dimensional accuracy, and complex geometry [20].
– Pressing. Compression molding is used for mass production of products from composite materials. During this process, prepreg and fabric are placed in the mold cavity. The mold is then sealed to harden the resin and form the fiberglass composite product. Compression molding is used to produce body panels, hoods, roofs and spoilers. Rubber tires, glass-matted thermoplastic materials such as bumpers, and sheet molding compounds for automotive exterior panels are the most common materials used in compression molding with composite materials based on fiberglass. Pre-impregnated intermediates such as thermosetting sheet molding compounds (SMC), glass matte thermoplastics (GMT) or long fiber thermoplastics (LFT) are processed by compression molding to create semi-structural and structural fiberglass composite components.

Automated fiber placement (AFP) and automatic tape laying (ATL) use robotic devices to automatically apply continuous fibers or tapes to the mold surface. Thanks to high accuracy and repeatability, these methods allow to obtain composite materials of complex shape using pro-technology. The ATL is capable of applying wide unidirectional prepreg tapes to a machined surface with automatic backing removal. In contrast, AFP uses tapes of thin strips of prepreg material called harnesses. AFP is a method of creating complex, lightweight and high-quality structures for modern cars.

The use of fiberglass-based composite materials in the chassis helps to reduce the overall weight of the car, improve handling and fuel economy. Composite materials have built-in damping properties that reduce noise and vibration transmitted through the chassis. Fiberglass-based composite materials can have excellent fatigue strength, ensuring that the chassis will maintain its performance characteristics.

Sheet springs are an important component of the car suspension system. They consist of many layers of sheet springs of different sizes, with the most important layer on top and the rest of the layers attached to each other. Plate springs are directly connected to the

frame either at both ends or only at one end. Corvette springs are made of fiberglass-reinforced epoxy polymer composite and have more than five times the life of steel springs. Compared to steel springs, composite springs provide a smoother ride and quicker response to road impact pressure. In addition, fiberglass composite plate springs provide excellent corrosion resistance and reduce the likelihood of accidental failure, which helps reduce vehicle suspension noise.

Car bumpers are designed to absorb and distribute energy in low-speed collisions, which reduces damage to the car and its passengers. Recently, there has been a tendency to use composite materials based on fiberglass in the construction of bumpers due to their attractive properties. Polymer composites reinforced with carbon fiber and glass fiber are often used for car bumpers. Composite materials with high impact properties include carbon fiber reinforced polymers (CFRP) and glass fiber reinforced polymers (GFRP). It reduces vehicle damage and increases occupant safety by absorbing and dissipating energy in low-speed collisions.

Fiberglass composite car doors combine two or more different materials with different properties, such as fiber and resin. Composite materials have a high degree of stiffness and strength, which improves the structural integrity of car doors and their impact resistance. They can resist corrosion, wear and fatigue more effectively than metals. The high strength and impact resistance of composite materials is well known. In the event of a crash, composite doors can protect people inside the vehicle, allowing automakers to create doors with complex curves and decorative elements. This makes it possible to create doors that harmoniously complement the overall design of the car, giving it a more elegant look. Fiberglass-based composite doors provide better sound insulation, helping to reduce the level of noise that penetrates through the doors, making the car interior quieter.

Fiberglass-based composite materials are used to manufacture car sunroofs, which have unique characteristics. They provide natural lighting, ventilation and aesthetic appeal of the car, as well as improve dynamic characteristics. Weight reduction is one of the main reasons for using composite materials in sunroofs, as it can increase the overall efficiency of the vehicle. Compared to ordinary glass, fiberglass-based composites have increased impact resistance.

Another application of automotive fiberglass composites is in the engine cradle, a structural member that holds the engine and other related components. One of the most important parts of the engine subsystem is the engine mount, which performs four main functions: supporting the engine, transmission and suspension, distributing large loads on the chassis, reducing vibration and impact, as well as increasing rigidity and preventing collisions. Due to their natural thermal insulation properties, fiberglass-based composite materials can improve thermal regulation by reducing heat transfer from the engine to other parts of the vehicle. Fiberglass-based composite materials are capable of absorbing collision energy due to their shock-absorbing properties. Composite engine mounts can reduce impact and protect other critical vehicle components in the event of a crash, and facilitate integration with other components such as suspension systems and mounting points, resulting in a more unified and efficient vehicle design.

Fiberglass-based composite fenders are commonly used in high-performance and sports cars to reduce weight and improve the overall performance of the vehicle.

In the automotive industry, numerous types of fiberglass composites are used for the manufacture of various parts. Due to different operational characteristics, they are used in different ways.

Fiberglass is also used in the production of toothed and V-belts due to its high tensile strength, which is provided by reinforcing the glass fiber with rubber. Abrasion resistance is another important property that determines its use in the production of brake pads and clutches. The clutch discs are reinforced with woven fiberglass to ensure the integrity of the composite material. In the manufacturing process, anti-abrasive additives are often used. These components are added to the cladding, which is the first of three layers of the composite. As a rule, the lining consists of 85% resin, to which anti-abrasive chemicals are added, and is covered with several layers of mat made of reflective threads. The high content of resin in the upper layer provides a smooth surface, which makes it suitable for the manufacture of hoods and contributes to the reduction of aerodynamic losses. Adding one layer of C-veil allows for an even smoother surface. It is easy to add dyes to the top layer of resin and provide protection against ultraviolet radiation, which allows you to keep the coating for a long time. Therefore, the automotive industry increasingly prefers the use of fiberglass.

A promising direction for the use of fiberglass in the automotive industry is the development of composite materials capable of recovering after damage without external assistance. Self-healing technology can improve a vehicle's overall durability, safety, and performance. Thanks to increased elasticity, the consequences of collisions will be reduced, which will increase the safety of passengers. Car owners will be able to save on maintenance, thanks to the self-healing technology, which reduces the need for regular repairs or touch-ups. Self-healing coatings also protect the car from environmental pollution, acid rain and ultraviolet rays.

Given the growing demand for glass fiber composite materials in the automotive sector, it is expected that their use will continue to grow successfully in the future.

Conclusions. The development of composite materials based on fiberglass for the automotive industry has significantly changed the automotive industry,

providing many advantages that increase environmental friendliness, efficiency and operational characteristics. It was found that due to the outstanding strength-to-weight ratio, composite materials are ideal for use in various structural elements of cars. The feasibility of manufacturing such elements of the car as the chassis, brake pads, hood, bumper, wing, engine support, interior and exterior elements, tires and roof hatch from composite materials based on fiberglass was considered, in order to achieve light weight, high strength, good fatigue resistance, viscosity, resistance to damage, stiffness, thermal insulation and wear resistance. It has been established that self-healing composite materials can be adapted to future vehicle performance.

References

1. Ahmad H., Markina A. A., Porotnikov M. V., Ahmad F. A review of carbon fibre materials in automotive industry. *IOP Conf. Ser.* 2020. 971 (3). 032011. doi: https://doi.org/10.1088/1757-899x/971/3/032011.

2. Agarwal J., Sahoo S., Mohanty S., Nayak S. K. Progress of novel techniques for lightweight automobile applications through innovative eco-friendly composite materials: A review. *J. Thermoplast. Compos. Mater*. 2020. 33 (7). P. 978–1013. doi: https://doi.org/10.1177/08927057188155.

3. Brasington A., Sacco C., Halbritter J., Wehbe R., Harik R. Automated fibre placement: a review of history, current technologies, and future paths forward. *Compos. Part C: Open Access.* 2021. 6. 100182. doi: https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100182.

4. El-Wazerya M. S., El-Elamy M. I., Zoalfakar S. H. Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Polyester Composites. *International Journal of Applied Science and Engineering.* 2017. 14 (3). P. 121–131. doi: https://doi.org/10.6703/IJASE.2017.14(3).121.

5. Gajjar T., Shah D., Joshi S., Patel K. M. Analysis of Process Parameters for Composites Manufacturing using Vacuum Infusion Process. *Mater. Today.: Proc.* 2020. 21. P. 1244–1249. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.112.

6. Kumar S. N., Kumar V. G., Kumar V. C., Prabhu M. Experimental Investigation on Mechanical Behavior of EGlass and S-Glass Fiber Reinforced with Polyester Resin. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*. 2018. 5(5). P. 19–26. doi: https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V5I5P104.

7. Kurien R. A., Selvaraj D. P., Sekar M., Koshy C. P. Green composite materials for green technology in the automotive industry. *IOP Conf. Ser*. 2020. 872 (1). 012064. doi: https://doi.org/10.1088/1757-899x/872/1/012064.

8. Marichelvam M., Kandakodeeswaran K., Maheswaran K., Geetha M. Investigation on mechanical properties of automobile strut made by GFRP composites. *Mater. Today.: Proc*. 2020. 45. P. 1338–1347. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.026.

9. Mohammadi H., Ahmad Z., Mazlan S. A., Faizal Johari M. A., Siebert G., Petrů M. Lightweight glass fibre-reinforced polymer composite for automotive bumper applications: a review. *Polymers.* 2022. 15 (1). 193. doi: https://doi.org/10.3390/polym15010193.

10. Ngo T. Introduction to Composite Materials. *IntechOpen eBooks.* 2020. doi: https://doi.org/10.5772/intechopen.91285.

11. Praveenkumar B., Gnanaraj S. D. Case Studies on the Applications of Phenolic Resin-Based Composite Materials for Developing Eco-Friendly Brake Pads. *J. Inst. Eng. (India) Ser. D.* 2020. 101 (2). P. 327–334. doi: https://doi.org/10.1007/s40033-020-00231-4.

12. Rajak D. K., Wagh P. H., Linul E. Manufacturing Technologies of Carbon / Glass Fiber-Reinforced Polymer Composites and Their Properties: a review. *Polymers.* 2021. 13. 3721. doi: https://doi.org/10.3390/polym13213721.

13. Rajak D. K., Pagar D. D., Behera A., Menezes P. L. Role of composite materials in the automotive sector: Potential applications. *Energy, Environment, and Sustainability, Springer Nature.* 2021. P. 193–217. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-8337-4_10.

14. Rubino F., Nistico A., Tucci F., Carlone P. Marine application of fibre reinforced composites: a review. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020. 8 (1). 26. doi: https://doi.org/10.3390/jmse8010026.

15. Sajan S. S.P. S., Selvaraj D. P. A review on polymer matrix composite materials and their applications. *Mater. Today.: Proc.* 2021. 47. P. 5493–5498. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.034.

16. Sarfraz M. S., Hong H., Kim S. S. Recent developments in the manufacturing technologies of composite components and their cost-effectiveness in the automotive industry: A review study. *Compos. Struct*. 2021. 266. 113864. doi: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.113864.

17. Salifu S., Desai D., Ogunbiyi O. F., Mwale K. Recent development in the additive manufacturing of polymer-based composites for automotive structures — a review. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2022. 119 (11–12). P. 6877–6891. doi: https://doi.org/10.1007/s00170-021-08569-z.

18. Seydibeyoglu M. O., Dogru A., Kandemir M. B., Aksoy O. Lightweight composite materials in transport structures. *CRC Press eBooks.* 2020. P. 103–130. doi: https://doi.org/10.1201/9780429244087-5.

19. Vlase S., Gheorghe V., Marin M., Ochsner A. Study of structures made of composite materials used in automotive industry. Proc. Inst. Mech. Eng., Part L. *J. Mater.: Des. Appl.* 2021. Vol. 235, Is. 11. doi: https://doi.org/10.1177/14644207211019767.

20. Yuliang X., Zhang Y. He, F., Liu Y., Leng J. A Review of Shape Memory Polymers and Composites: Mechanisms, Materials, and Applications. *Adv. Mater*. 2020. 33 (6). 2000713. doi: https://doi.org/10.1002/adma.202000713.

УДК 531.768

Аллахверанов Рауф Юсіф огли
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри КІТАР
Харківський національний університет радіоелектроніки
Allakhveranov Rauf
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Radio Electronics

Невлюдова Вікторія Валеріївна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри КІТАР
Харківський національний університет радіоелектроніки
Nevliudova Viktoriia
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Radio Electronics

Горяїнов Ілля Олексійович
магістрант
Харківського національного університету радіоелектроніки
Goryayinov Illya
Master Student of the
Kharkiv National University of Radio Electronics

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10207

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В АКСЕЛЕРОМЕТРІ З РЕОСТАТНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

MODELING OF PROCESSES IN AN ACCELEROMETER WITH A RHEOSTAT TRANSDUCER

Анотація. *Побудовано математичну модель процесів, які відбуваються в акселерометрах під час вимірювань прискорень різного виду, що представлена у формі диференціального рівняння, котре одержано з використанням електромеханічних аналогій та рівнянь Лагранжа 2-го роду та відповідних початкових умов.*

Ключові слова: *акселерометр, моделювання, математична модель, вимірювання, прискорення, диференціальні рівняння, похибка.*

Summary. *A mathematical model of the processes that occur in accelerometers during measurements of accelerations of various types is constructed, which is presented in the form of a differential equation obtained using electromechanical analogies and Lagrange equations of the 2nd kind and the corresponding initial conditions.*

Key words: *accelerometer, modeling, mathematical model, measurement, acceleration, differential equations, error.*

Вступ. У сучасних акселерометрах вимірюване прискорення, зазвичай, перетворюється на відповідну йому електричну напругу, котру досить легко можна вимірювати за допомогою електронних вимірювальних пристроїв як цифрового, так і аналогового типу, а також передавати різними способами на досить великі відстані від безпосереднього місця розташування чутливого елемента датчика. Отже, сучасні акселерометри насправді є досить складними мехатронними пристроями, в яких присутня механічна та електронна частини, котрі помітно впливають одна на одну.

Далі розглянемо математичне моделювання процесів, які відбуваються в акселерометрах із реостатними перетворювачами вимірюваного прискорення до вимірювального сигналу у вигляді відповідної

електричної напруги. Такі акселерометри використовують, зазвичай, для вимірювання досить великих прискорень у технічних системах, переважно промислового призначення.

Розрахункова схема акселерометра. Схематизація акселерометра, що має реостатний перетворювач вимірюваного прискорення на відповідну вимірювальну електричну напругу, наведена на рис. 1.

Взаємодія механічної та електронної частини акселерометра показана на рис. 1, а. Акселерометр-1 є окремим спеціальним пристроєм, який встановлюють на рухомому об'єкті-2 з метою вимірювання прискорення цього об'єкта, що у загальному випадку залежить від часу (рис. 1, а):

$$a = a(t), \tag{1}$$

де a — вимірюване прискорення рухомого об'єкта, на якому встановлений акселерометр;

t — час.

Обов'язковими елементами (рис. 1, а) механічної частини будь-якого акселерометра є інерційний елемент з еквівалентною масою m, пружний елемент з еквівалентною жорсткістю b, а також в'язкий елемент, який характеризується параметром ρ. Унаслідок прискорення (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр (рис. 1, а), інерційний елемент акселерометра буде рухатись відповідно до прискорення (1) таким чином, що координата інерційного елемента акселерометра буде залежати від часу [1; 2]:

$$x = x(t), \tag{2}$$

де x — переміщення інерційного елемента акселерометра відносно центру реостата.

Електронна частина, що реалізує перетворення руху (2) інерційного елемента акселерометра (рис. 1), забезпечується живленням сталої напруги:

$$U_a = \text{const}, \tag{3}$$

де U_a — напруга живлення вимірюваного електричного ланцюга акселерометра.

Вимірювальна схема акселерометра (рис. 1) містить реостатний перетворювач, який містить загальний електричний опір R_m та довжину l, а також вимірювальний резистор опору R_a, з якого знімається вимірювальні напруга, котра відповідно до переміщення (2) та напруження живлення (3) є функцією часу:

$$U_m = U_m(t), \tag{4}$$

де U_m — напруга, що представляє переміщення інерційного елементу акселерометра.

Електричні струми у гілках вимірювального ланцюга акселерометра (рис. 1, б) відповідно до першого закону Кірхгофа обчислюються наступним чином [3]:

$$I_a = I_x + I_m, \tag{5}$$

де I_a — струм вимірюваного електричного ланцюга акселерометра;

I_x — частина струму вимірюваного електричного ланцюга акселерометра, що містить інформацію про переміщення $x(t)$ інерційного елемента;

I_m — частина струму вимірюваного електричного ланцюга акселерометра, яка формує вимірювальну напругу, котра містить інформацію про переміщення $x(t)$ інерційного елемента акселерометра.

Рухомий контакт реостата (рис. 1, б) розподіляє реостат на три частини, що мають відповідні опори в залежності від координати (2) інерційного елемента акселерометра. Для визначення опорів цих трьох частин доцільно ввести величину:

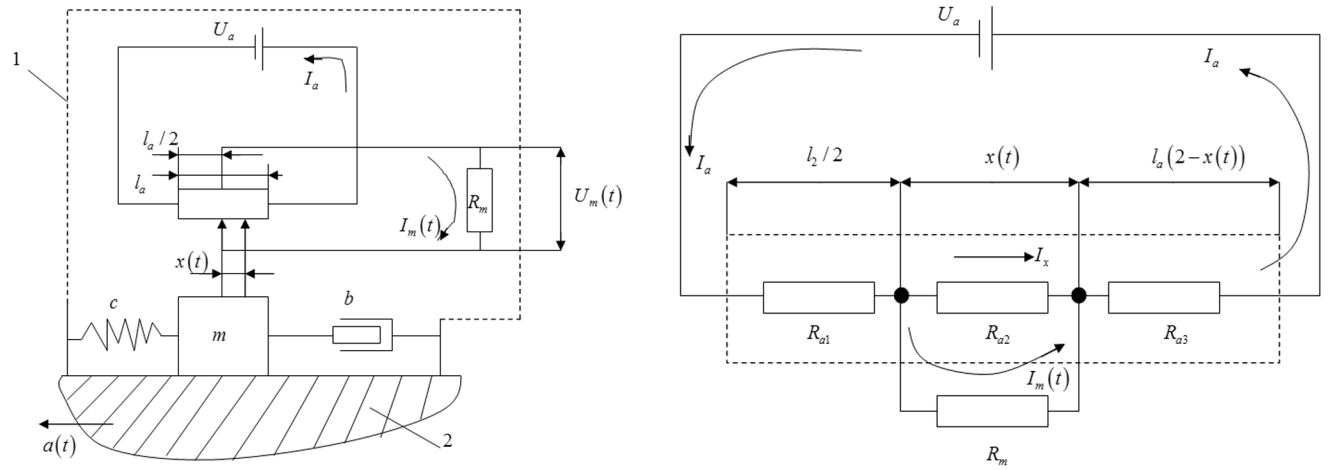
$$\rho_a = \frac{R_a}{l_a}, \tag{6}$$

де ρ_a — питомий опір на одиницю довжини реостата акселерометра;

R_a — загальний опір реостата акселерометра;

l_a — довжина реостата акселерометра.

Завдяки введеній величині (6) матимемо наступні результати для опорів частин реостата (рис. 1, б):



а) *б)*

Рис. 1. Схематизація акселерометра з реостатним перетворювачем

$$R_{a1} = \rho_a \frac{l_a}{z},\ R_{a2} = \rho_a x,\ R_{a3} = \rho_a \left(\frac{l_a}{2} - x \right), \quad (7)$$

де R_{a1} — опір, який утворює падіння напруги на половині довжини реостата акселерометра;

R_{a2} — опір, який містить інформацію про переміщення $x(t)$ інерційного елемента акселерометра;

R_{a3} — опір, який містить інформацію про поточне положення інерційного елемента акселерометра.

За допомогою співвідношення (6) перетворимо результат (7) на остаточний вигляд (8).

$$R_{a1} = \frac{1}{2} R_a,\ R_{a2} = R_a \frac{x}{l_a},\ R_{a3} = R_a \left(\frac{1}{2} - \frac{x}{l_a} \right) \quad (8)$$

Вимірювальна електрична напруга (4) буде визначатися опором вимірювального резистора та відповідним струмом:

$$U_m(t) = R_m I_m(t). \quad (9)$$

Зрозуміло, що вимірювальна напруга (9) залежатиме певним чином від закону зміни у часі координати (2) інерційного елемента акселерометра. Таким чином, акселерометр можна представити співвідношенням виду:

$$a(t) \xrightarrow{W_1} U_m(t) \xrightarrow{W_2} \tilde{a}(t), \quad (10)$$

де W_1 — відображення вимірюваного прискорення $a(t)$ у вимірювальну напругу $U_m(t)$ акселерометра;

$\tilde{a}(t)$ — оцінка вимірюваного прискорення $a(t)$ за показанням вимірювальної напруги $U_m(t)$;

W_2 — відображення вимірювальної напруги $U_m(t)$ в оцінку $\tilde{a}(t)$ вимірюваного прискорення $a(t)$.

Вид відображення W_1 із співвідношення (10) визначається виключно конструкцією акселерометра. Зрозуміло, що таке відображення буде характеризуватися притаманною йому похибкою. Відображення W_2, вид якого має відповідати конструкції акселерометра, реалізується окремо від акселерометра.. Зрозуміло, що з суто теоретичних міркувань має бути $W_2 = W_1^{-1}$, але побудова та реалізація такого відображення має певні технічні труднощі, отже, зазвичай, маємо $W_2 \neq W_1^{-1}$, що також вносить певну похибку до результату вимірювання (10). Таким чином, під час виконання вимірювань прискорення насправді маємо результат із відносною похибкою, що обчислюватиметься так:

$$\varepsilon(t) = \frac{\left| a(t) - \tilde{a}(t) \right|}{\left| a(t) \right|} 100\%, \quad (11)$$

де $\varepsilon(t)$ — похибка вимірювання прискорення акселерометра.

Зрозуміло, що похибка (11) результату вимірювання прискорення акселерометром характеризує його якість, проте вона істотно залежить від вимірюваного прискорення (1). Математичне моделювання процесів в акселерометрі необхідно, перш за все, для дослідження впливу залежності від часу вимірюваного прискорення (1) на похибку результату його вимірювання акселерометром.

Математична модель акселерометра. Для того, щоб протестувати та оцінити точність виміру акселерометра, можна використовувати математичне моделювання. Математичне моделювання дозволяє уявити роботу акселерометра як математичних рівнянь, які можна використовувати для аналізу його показників і продуктивності [4].

Одним із методів математичного моделювання акселерометра є моделювання його динаміки. Динамічна модель акселерометра може бути представлена у вигляді диференціальних рівнянь, що описують його поведінку в різних умовах.

Іншим методом математичного моделювання акселерометра є моделювання його електричних характеристик. Електрична модель акселерометра може бути представлена у вигляді електричних ланцюгів, які описують його поведінку в електричній схемі.

Для оцінки точності вимірювання акселерометра можна використовувати порівняння результатів, отриманих під час математичного моделювання, з реальними вимірами. Також можна використовувати методи статистичного аналізу з метою оцінки похибки вимірювань. Таким чином, математичне моделювання акселерометра є важливим інструментом для аналізу його характеристик та продуктивності. Воно дозволяє оцінити точність вимірювання акселерометра та визначити чинники, що впливають на його роботу.

Під час виконання досліджень математична модель акселерометра може значною мірою замінити акселерометр як пристрій, а в деяких випадках навіть забезпечити значно більші властивості щодо дослідження процесів, які відбуваються в акселерометрах протягом їхньої експлуатації. Оскільки досліджувані величини є функціями часу, то математична модель процесів, які відбуваються в акселерометрі, має обов'язково містити звичайне диференціальне рівняння та початкові умови для його інтегрування, або навіть систему звичайних диференціальних рівнянь із відповідними початковими умовами.

Для побудови диференціальних рівнянь математичної моделі процесів в акселерометрі враховуємо прийняті припущення щодо їхньої схематизації (рис. 1) та використовуємо один із головних результатів аналітичної механіки — рівняння Лагранжа 2-го роду, а також поняття про електромеханічні аналогії. Відповідно до прийнятого в аналітичній механіці підходу стан досліджуваних процесів, які відбуваються в акселерометрі, відзначатимемо за допомогою узагальнених координат:

$$q_1 = q_1(t),\ q_2 = q_2(t),\ \ldots,\ q_n(t), \quad (12)$$

де n — кількість ступенів вільності системи;

$q_1, q_2, \ldots q_n$ — узагальнені координати системи.

Узагальнені координати (12) насправді є набором незалежних параметрів, які дозволяють повністю визначити стан досліджуваного об'єкта — в даному випадку процесів, які відбуваються в акселерометрі. Оскільки досліджуваний акселерометр — це мехатронна система, то частина його узагальнених координат (12) матиме механічний сенс (координати та кути повороту), а інша частина —, відповідно, електричний сенс (електричні заряди згідно з прийнятою електромеханічною аналогією).

Якщо зв'язки, що обмежують стан досліджуваної системи, є голономними, то диференціальні рівняння для визначення узагальнених координат (12) такої системи можуть бути представлені в узагальненій формі рівнянь Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k}-\frac{\partial L}{\partial q_k}=-\frac{\partial R}{\partial \dot{q}_k}+Q_k,\ k=1,2,\ldots,n, \qquad (13)$$

де L — функція Лагранжа, що позначає різницю між кінетичною та потенційною енергією системи;

R — дисипативна функція Релея, котра характеризує в'язкий опір та, у випадку лінійного в'язкого опору, дорівнює половині потужності сил в'язкого опору;

Q_k — узагальнена сила системи відповідно до узагальненої координати q_k.

Згідно з прийнятою схематизацією (рис. 1) стан процесів у досліджуваному акселерометрі обмежується лише законом Кірхгофа (5), тому в даному випадку (рис. 1) маємо електромеханічну систему з трьома ступенями вільності та узагальненими координатами, що можна прийняти у наступному вигляді:

$$n=3,\ q_1=x,\ q_2=\int I_a dt,\ q_3=\int I_m dt, I_x=\dot{q}_2-\dot{q}_3 \qquad (14)$$

де q_1 — узагальнена координата, що представляє переміщення маси акселерометра;

q_2 — узагальнена координата, що представляє електричний заряд у вимірювальному електричному ланцюзі акселерометра;

q_3 — узагальнена координата, що представляє частину електричного заряду у вимірювальному електричному ланцюзі акселерометра, що формує вимірювальну напругу U_m.

З урахуванням прийнятої схематизації досліджуваних процесів в акселерометрі (рис. 1) та узагальнених координат (14) матимемо функцію Лагранжа та функцію Релея в такому вигляді:

$$L=\frac{1}{2}m\left(\nu-\dot{q}_1\right)^2-\frac{1}{2}cq_1^2, \qquad (15)$$

$$R=\frac{1}{2}b\dot{q}_1+\frac{1}{2}R_{a1}\dot{q}_2^2+\frac{1}{2}R_{a2}\left(\dot{q}_2-\dot{q}_3\right)^2+$$

$$+\frac{1}{2}R_{a3}\dot{q}_2^2+\frac{1}{2}R_m\dot{q}_3^2, \qquad (16)$$

де ν — швидкість об'єкта на якому встановлений акселерометр;

m — маса інерційного елемента акселерометра;

c — жорсткість інерційного елемента акселерометра;

b — пружність в'язкого елемента акселерометра.

Для визначення узагальнених сил, які потрібні для запису рівнянь Лагранжа 2-го роду (13), визначимо суму віртуальних робіт сил досліджуваної системи, що не є потенційними та дисипативними. З урахуванням прийнятої схематизації досліджуваних процесів в акселерометрі та з урахуванням узагальнених координат (14) сума віртуальних робіт у даному випадку запишеться так:

$$\delta A=\nu\delta q_1+U_a\delta q_2+\nu\delta q_3, \qquad (17)$$

де δA — віртуальна робота сил досліджуваної системи;

$q_1,\ q_2,\ q_3$ — варіації відповідних узагальнених координат.

Вираз (17) призводить до наступного результату для узагальнених сил у досліджуваному акселерометрі відповідно до прийнятої схематизації:

$$Q_1=0,\ Q_1=U_m,\ Q_3=0\,. \qquad (18)$$

Таким чином, для функції Лагранжа (15), функції Релея (16) та узагальнених сил (18) рівняння Лагранжа 2-го роду при ведуть до таких співвідношень:

$$-m\frac{d\nu}{dt}+m\ddot{q}_1+cq_1=-b\dot{q}_1, \qquad (19)$$

$$\nu=-R_{a1}\dot{q}_2-R_{a2}\left(\dot{q}_2-\dot{q}_3\right)-R_{a3}\dot{q}_2+U_a, \qquad (20)$$

$$\nu=R_{a2}\left(\dot{q}_2-\dot{q}_3\right)-R_m\dot{q}_3\,. \qquad (21)$$

Врахуємо, що швидкість та прискорення об'єкта, на якому встановлений акселерометр, зв'язані наступним співвідношенням:

$$\frac{d\nu}{dt}=a\left(t\right). \qquad (22)$$

Отже, з урахуванням співвідношення (22) представимо диференціальне рівняння (19) у такому вигляді:

$$\ddot{q}+2n\dot{q}_1+\omega^2q_2=a\left(t\right), \qquad (23)$$

$$n=\frac{b}{2m};\ \omega^2=\frac{c}{m}\,.$$

Вимірювальна напруга (4), що містить інформацію про прискорення (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр (рис. 1) з урахуванням визначень (14) узагальнених координат набуде такого вигляду:

$$U_m\left(t\right)=R_m\dot{q}_3\left(t\right). \qquad (24)$$

Для визначення вимірювальної напруги (24), спочатку за допомогою співвідношення (21) обчислимо наступне:

$$\dot{q}_2 = \frac{R_m + R_{a2}}{R_{a2}} \dot{q}_3 \Rightarrow \dot{q}_2 = \left(1 + \frac{R_m}{R_{a2}}\right)\dot{q}_3 . \quad (25)$$

Підставимо одержаний вираз (25) до співвідношення (20):

$$\left(\left(R_{a1} + R_{a3}\right) + \left(\frac{R_{a1} + R_{a3}}{R_{a2}} + 1\right)R_m\right)\dot{q}_3 = U_a$$

$$\left(\left(\frac{R_a}{2}\right) + R_a\left(\frac{1}{2} - \frac{q_1}{l_n}\right) + R_m\left(\frac{\frac{R_a}{2} + R_a\left(\frac{1}{2} - \frac{q_1}{l_a}\right)}{R_a\frac{q_1}{l_a}} + 1\right)\right)\dot{q}_3 = U_a$$

$$\left(\left(R_a + R_a\frac{q_1}{l_a} + R_m\left(\frac{1 - \frac{q_1}{l_a}}{\frac{q_1}{l_a}} + 1\right)\right)\right)\dot{q}_3 = U_a$$

$$\dot{q}_3\left(R_a\frac{a_1}{l_a}\left(1 + \frac{a_1}{l_a}\right) + R_m\right) = U_a\frac{q_1}{l_a}$$

та отримаємо:

$$\left(R_{a1} + R_{a3}\right)\left(1 + \frac{R_m}{R_{a3}}\right)\dot{a}_3 + R_{a2}\left(\left(1 + \frac{R_m}{R_{a2}}\right)\dot{q}_3 - \dot{q}_3\right) = U_a. \quad (26)$$

Виконаємо далі перетворення одержаного у вигляді (26) співвідношення та представимо його у такому вигляді:

$$\dot{q}_3 = U_a\frac{\frac{q_1}{l_a}}{R_m + l_a\frac{q_1}{l_a}\left(1 + \frac{q_1}{l_a}\right)} . \quad (27)$$

Завдяки співвідношенню (27) матимемо вимірювальну напругу (24) у такому вигляді:

$$U_m\left(t\right) = U_a\frac{\frac{q_1}{l_a}}{1 + \frac{R_a}{R_m}\frac{q_1\left(t\right)}{l_a}\left(1 + \frac{q_1\left(t\right)}{l_a}\right)} . \quad (28)$$

Таким чином, з урахуванням одержаних результатів (23), (28) та прийнятих визначень (14) узагальнених координат матимемо математичну модель процесів в акселерометрі (рис. 1) у такому вигляді:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = a\left(t\right), \quad x\left(0\right) = 0, \quad \dot{x}\left(0\right) = 0 , \quad (29)$$

$$U_m = U_a\frac{\frac{x}{l_a}}{l + \frac{R_a}{R_m}\frac{x}{l_a}\left(1 + \frac{x}{l_a}\right)} . \quad (30)$$

Диференціальне рівняння та початкові умови (29) дозволять визначити закон залежності від часу координати (2) інерційного елемента акселерометра (рис. 1), що відповідає заданому прискоренню (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр. У вихідних умовах (29) прийнято, що в початковий момент часу інерційний елемент акселерометра був нерухомим та розташованим у положенні, що відповідає недеформованому пружному елементу (рис. 1). Співвідношення (30) дозволяє визначати закон залежності від часу вимірювальної напруги (4), відповідний руху (2) інерційного елемента акселерометра, котрий для заданого прискорення (1) визначається диференціальним рівнянням та початковими умовами (29). Отже, завдяки математичній моделі (29), (30) маємо можливість досліджувати процеси в акселерометрі в межах прийнятої схематизації (рис. 1).

Похибка та діапазон вимірювань акселерометра. Похибка виміру акселерометра — це різниця між виміряним та реальним значенням прискорення. Похибка може бути викликана різними чинниками, зокрема, шумом, нелінійністю, гістерезисом і температурними змінами. Щоб забезпечити точність вимірювань, необхідно враховувати всі ці чинники під час розроблення та калібрування акселерометра.

Існує кілька методів оцінки похибки вимірювання акселерометра, у тому числі калібрування, порівняння зі стандартними вимірювальними приладами та аналіз даних вимірювань [5; 6]. Найбільш поширеним методом є калібрування, що містить порівняння виміряних значень з відомими стандартними значеннями. Калібрування може бути проведене як на стенді, так і в умовах експлуатації, щоб врахувати реальні умови роботи приладу [6].

Оцінка точності вимірювання акселерометра може бути проведена за допомогою статистичних методів, таких як аналіз дисперсії та графічні методи, зокрема, побудова гістограми розподілу значень [6]. Після оцінки точності вимірювань можна вжити заходів для покращення точності, наприклад, шляхом покращення конструкції приладу або калібрування.

Оптимальний вибір акселерометра та гіроскопа, зазвичай, перетворюється на складне математичне завдання. Необхідно визначити тип параметра, що вимірюється. Під час вимірювання вібрацій вимірюються вібраційні характеристики об'єкта. Під час вимірювання переміщення визначається швидкість та зміщення об'єкта, що знаходиться в русі. Іноді виникає необхідність оперативної оцінки похибки застосування акселерометра або гіроскопа, ґрунтуючись тільки на їхній технічній документації. Іноді доводиться робити вибір необхідного датчика, не маючи під рукою експериментального стенду. У зв'язку з цим важко передбачити справжню поведінку структурованої моделі. Методи оцінки похибок, які вносяться акселерометром та гіроскопом, можуть бути дуже корисними в інженерному проєктуванні.

Для оцінки прискорення (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр (рис. 1), слід використовувати математичну модель (29), (30), в якій відомим доцільно вважати вимірювальне напруження (4), а невідомим — прискорення (1).

Співвідношення (30) можна розглядати як рівняння відносно переміщення (2) інерційного елемента акселерометра при заданій вимірювальній напрузі (4). Отже, розв'язок такого рівняння дозволяє визначати переміщення інерційного елемента (2), що відповідає заданій вимірювальній напрузі (4). Основна складність визначення переміщення (2) інерційного елемента акселерометра при заданій вимірювальній напрузі (4) полягає в тому, що відповідне рівняння (30) є нелінійним. Водночас, бачимо, що нелінійність рівняння (30), яка наявна при визначенні переміщення (2) інерційного елемента акселерометра для заданої вимірювальної напруги (4), може бути доволі обмежена за умов значно більшого опору вимірювального резистора за опір реостата. Таким чином, у результаті матимемо наближене лінійне співвідношення такого вигляду:

$$R_m >> R_a \Rightarrow U_m \approx U_a \frac{x}{l_a}. \qquad (31)$$

За допомогою співвідношення (31) маємо можливість отримати переміщення (2) інерційного елемента акселерометра, що відповідає заданій вимірювальній напрузі (4) в такому вигляді:

$$x \approx \frac{l_a}{U_a} U_m. \qquad (32)$$

Слід зазначити, що наближені лінійні співвідношення (31) та (32) насправді виконуються із досить малою похибкою за умов значно великого опору вимірювального резистора. Далі співвідношення (32) слід врахувати в диференціальному рівнянні (29), в якому вважатимемо невідомим прискорення (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр (рис. 1). У результаті для заданої вимірювальної напруги (4) матимемо прискорення (1) у такому вигляді:

$$a(t) \approx \frac{l_a}{U_a} \ddot{U}_m(t) + 2n \frac{l_a}{U_a} \dot{U}_m(t) + \omega^2 \frac{l_a}{U_a} U_m(t). \qquad (33)$$

Слід підкреслити, що наближеність одержаного результату (33) обумовлена використанням наближеного співвідношення (32). Водночас, похибка наближеного результату є досить малою за умов значно великого опору вимірювального резистора.

До того ж, слід розуміти, що результат (33) неможливо використовувати практично для визначення прискорення (1) за відомою вимірювальною напругою (4), оскільки дані про неї (4) містять похибки вимірювань, вплив яких значно підсилюється у разі диференціювання, що є добре відомим фактом. З урахуванням цієї обставини у виразі (33) нехтують доданками, що містять похідні вимірювальної напруги (4), отже, в результаті цього мають досить зрозуміле та нескладне співвідношення для наближеної оцінки (10) вимірюваного прискорення (1) у вигляді:

$$\tilde{a}(t) = \omega^2 \frac{l_a}{U_a} U_m(t). \qquad (34)$$

Зрозуміло, що оцінка прискорення (1) у вигляді (34) є досить наближеною та має відносну похибку такого вигляду:

$$\varepsilon(t) = \frac{\left| a(t) - \omega^2 \frac{l_a}{U_a} U_m(t) \right|}{\left| a(t) \right|} 100\%. \qquad (35)$$

Бачимо, що відносна похибка (35) оцінки (34) прискорення (1) залежить від часу, отже, в одні моменти часу ця похибка може бути досить малою та майже непомітною, а в деякі інші — може бути досить великою та неприпустимою. Зрозуміло, що залежність від часу відносної похибки (35) вимірювання прискорення (1) об'єкта, на якому встановлений акселерометр, залежить від вигляду залежності від часу (31) цього прискорення. Таким чином, на одних рухах матимемо досить малу та непомітну відносну похибку вимірювання прискорення (1), а на деяких інших — відносна похибка (35) може бути досить великою. Зрозуміло, що під час використання акселерометра слід враховувати режими рухів, притаманні об'єкту, прискорення якого має вимірюватися цим акселерометром. Отже, дослідження впливу режимів рухів об'єктів на похибку вимірювання прискорення за допомогою акселерометрів є досить важливим питанням. Слід також підкреслити, що відносну похибку (35) неможливо обчислити для випадку прискорення, що дорівнює нулю.

Оцінка похибки вимірювання акселерометра є важливим кроком для забезпечення точності вимірювання та покращення його працездатності. Калібрування та оцінка точності вимірювань повинні проводитися регулярно для забезпечення найвищої точності вимірювань.

Висновки. Математичне моделювання процесів в акселерометрах дозволяє розв'язувати багато різноманітних інженерних задач щодо дослідження, проєктування й удосконалення акселерометрічних датчиків та вимірювальних систем, які містять такі датчики. Перевагою математичного моделювання є можливість досліджувати такі процеси в акселерометрах, які ще не були виготовлені фізично, та можливість використовувати одержані результати для вдосконалення параметрів проєктованих моделей. Крім того, математичне моделювання процесів в акселерометрах дозволяє досліджувати властивості акселерометрів під час різних режимах експлуатації, в тому числі таких, які досить складно забезпечити під час проведення випробувань.

Література

1. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Первинні вимірювальні перетворювачі фізичних величин : навчальний посібник. Ужгород : Видавництво УжНУ, 2018. 311 с.

2. Бурштинський М. В., Хай М. В., Харчишин Б. М. Давачі. Львів : ТзОВ «Простір М», 2013. 184 с.

3. Бабак В. П., Хандецький В. С., Шрюфер Е. Обробка сигналів : підручник. К. : Либідь, 1999. 392 с.

4. Banerjee S., Raton B. Mathematical Modeling: Models, Analysis and Applications, 2nd Edition / FL: Chapman and Hall/CRC Press, Taylor & Francis Group, 2022. 433 pp.

5. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Стадник Б. І. та ін. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин : підручник. За ред. Є. С. Поліщука. Львів : Вид-во Бескид Біт. 2012. 618 с.

6. Кухарчук В. В., Кучерук В. Ю., Володарський Є. Т., Грабко В. В. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник. Херсон : Олді-плюс, 2013. 538 с.

УДК 621.321

Аллахверанов Рауф Юсіф огли
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри КІТАР
Харківський національний університет радіоелектроніки
Allakhveranov Rauf
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Radio Electronics

Осман Аміра Ясирівна
магістрантка
Харківського національного університету радіоелектроніки
Osman Amira
Master Student of the
Kharkiv National University of Radio Electronics

Горовий Кирило Юрійович
керівник відділу планування та збуту готової продукції
ПРАТ «Verallia Україна»
Horovyi Kyrylo
Head of Planning and Shipping Department
PJSC "Verallia Ukraine"

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10166

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА ЇХНЬОГО ВПЛИВУ НА БОРТОВІ ПРИЛАДИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

MATHEMATICAL MODEL OF VERTICAL OSCILLATIONS OF A FOUR-WHEELED PLATFORM AND THEIR INFLUENCE ON THE ONBOARD DEVICES OF AUTOMATION SYSTEMS

Анотація. *Розглянуто теоретичні основи вертикальних коливань під час руху чотирьохколісної платформи. Побудована математична модель вертикальних коливань чотирьохколісної платформи на ресорах у вигляді системи трьох диференціальних рівнянь другого порядку. Показано, що процес коливань на ресорах рухомої чотирьохколісної платформи, навіть при незначних амплітудах відхилень може характеризуватися досить великими швидкостями та прискореннями.*

Ключові слова: *математична модель, вертикальні коливання, чотирьохколісна платформа, диференціальні рівняння, функція Лагранжа, рух.*

Summary. *The theoretical foundations of vertical oscillations during the movement of a four-wheeled platform are considered. A mathematical model of vertical oscillations of a four-wheeled platform on springs in the form of a system of three second-order differential equations is constructed. It is shown that the process of oscillations on the springs of a moving four-wheeled platform, even with small amplitudes of deviations, can be characterized by quite large speeds and accelerations.*

Key words: *mathematical model, vertical oscillations, four-wheeled platform, differential equations, Lagrange function, motion.*

Вступ. Колісні платформи є одними з найпоширеніших видів транспорту. У процесі руху колісної платформи виникають вертикальні коливання, що можуть впливати на комфортність пересування та безпеку пасажирів. Тому моделювання вертикальних коливань є важливим аспектом дослідження.

Вертикальні коливання чотирьохколісної платформи породжують вертикальні прискорення, що можуть мати значний вплив на бортові електронні та, особливо, мехатронні прилади та пристрої систем автоматизації різного призначення. Такі вертикальні прискорення можуть суттєво порушувати роботу бортових електронних і мехатронних пристроїв та приладів, які, зрозуміло, у свою чергу впливатиме відповідним чином на роботу систем автоматизації. За цих умов, слід мати математичні моделі, котрі б дозволяли визначати вертикальні прискорення чотирьохколісної платформи для оцінки можливого їхнього впливу на бортові електронні та пристрої систем автоматизації. У таких математичних моделях мають розглядатися вертикальні коливання чотирьохколісної платформи, що виникають протягом її руху та породжують вертикальні прискорення, котрі впливають на бортові електронні та мехатронні прилади та пристрої систем автоматизації.

Розрахункова схема вертикальних коливань чотирьохколісної платформи. Вертикальні коливання, що виникають протягом руху чотирьохколісної платформи, розглядаємо як результат взаємодії колісної платформи із нерівностями опорної поверхні, по якій власне ця платформа рухається (рис. 1). При цьому залишаємо поза розглядом коливання чотирьохколісної платформи в горизонтальному напрямку та не враховуємо взаємний вплив таких горизонтальних та вертикальних коливань. Слід зазначити, що прийняті допущення можуть бути реалізовані лише за умови малих коливань корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи на ресорах. Зрозуміло, що розгляд виключно малих коливань на ресорах відповідним чином обмежує коло досліджуваних процесів, однак такі малі коливання відповідають досить важливим, із практичної точки зору, режимам руху колісних платформ твердими опорними поверхнями, що мають відносно невеликі відхилення від горизонтальної площини. Таким чином, запропонована схематизація вертикальних коливань на ресорах чотирьохколісної платформи дозволяє охопити досить важливе коло питань щодо впливу вертикальних коливань на ресорах досліджуваної чотирьохколісної платформи на бортові електронні та мехатронні прилади та пристрої систем автоматизації.

Приймаємо, що досліджувана чотирьохколісна платформа рухається вздовж горизонтальної осі x із прискорюванням (рис. 1):

$$a = a(t), \tag{1}$$

де a — проекція прискорення досліджувальної чотирьохколісної платформи на вісь x;

t — час.

Завдяки горизонтальному прискоренню (1) горизонтальна координата центру мас досліджуваної чотирьохколісний платформи буде змінюватись у часі:

$$x = x(t), \tag{2}$$

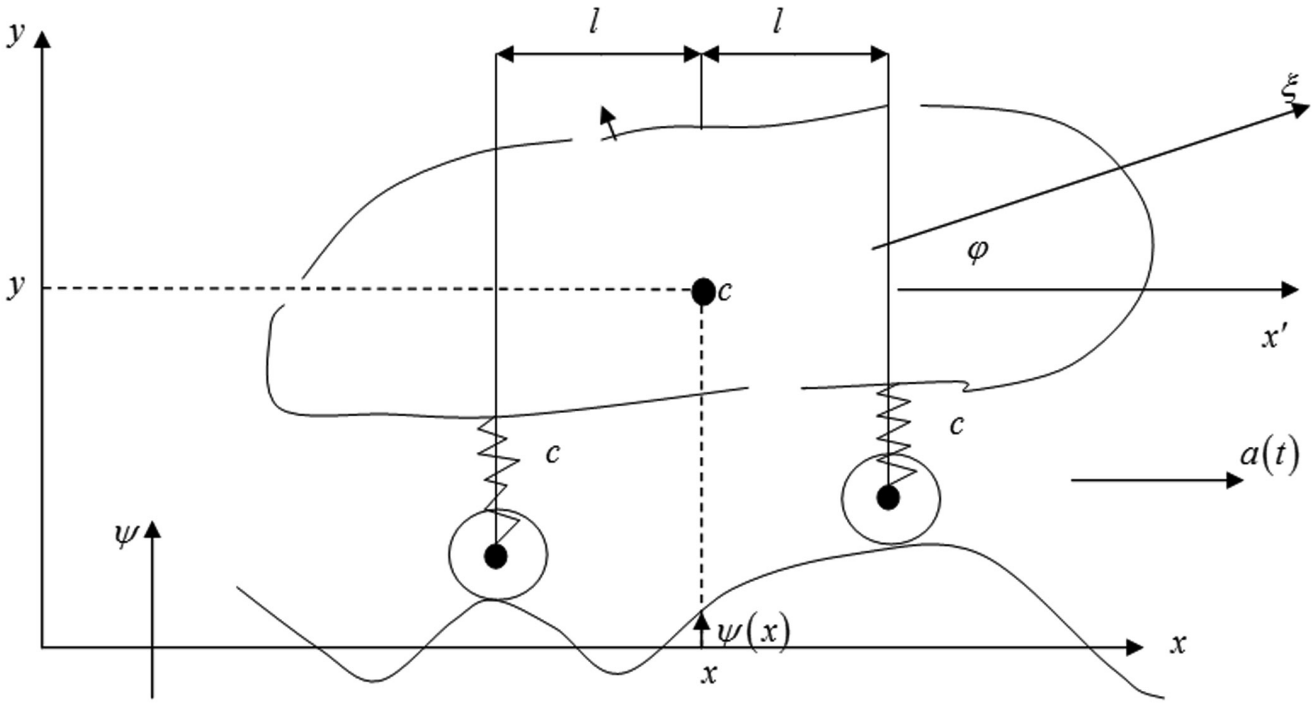


Рис. 1. Розрахункова схема вертикальних коливань чотирьохколісної платформи

де x — горизонтальна проекція центру мас досліджуваної чотирьохколісної платформи.

Вертикальні коливання чотирьохколісної платформи на ресорах обумовлені відхиленнями від горизонтальної площини профілю опорної поверхні, якою рухається досліджувана чотирьохколісна платформа (рис. 1). Зрозуміло, що такі відхилення залежать від поточної горизонтальної координати центру мас колісної платформи та від розташування ресорів відносно центру мас (рис. 1). Сукупність відхилень від горизонтальної площини профілю опорної поверхні визначаємо за допомогою функції:

$$\psi = \psi(t), \tag{3}$$

де ψ — відхилення від горизонтальної площини опорної поверхні, якою рухається досліджувана чотирьохколісна платформа.

Далі вважатимемо, що вигляд функції (3), котра визначає форми профілю опорної поверхні, якою рухається досліджувана чотирьохколісна платформа, є відомим.

Зрозуміло, що під час руху досліджуваної чотирьохколісної платформи її колеса точно повторюють профіль опорної поверхні (рис. 1). Для зменшення впливу нерівностей опорної поверхні на рухому чотирьохколісну платформу між її корпусом та колесами передбачені ресори. У досліджуваній чотирьохколісній платформі ресори розглядаються як пружини, що мають жорсткість с та розташовані на відстані l по обидва боки від центру мас корпусу платформи (рис. 1). Отже, нерівності опорної поверхні через колеса та ресори передаються до корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи в результаті чого корпус платформи буде рухатись у площині (рис. 1).

Для визначення руху корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи в площині (рис. 1) внаслідок вертикальних коливань на ресорах уводимо до розгляду зв'язані з рухомою платформою осі, які проходять через центр мас С корпусу платформи (рис. 1). Положення корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи при коливаннях на ресорах визначаємо координатою центру мас корпусу та кутом його повороту навколо центру мас, який обчислюється від горизонтальної осі x' (рис. 1):

$$y = y(t), \tag{4}$$

$$\varphi = \varphi(t), \tag{5}$$

де y — вертикальна координата центру мас корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи мас;

φ — кут повороту корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи навколо центру мас.

Приймаємо, що вертикальна координата центру мас корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи обчислюється відносно положення рівноваги на ресорах нерухомої колісної платформи, розташованої на ідеальній горизонтальній опорній поверхні. В математичній моделі вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи враховуємо масу m корпусу платформи та момент інерції корпусу навколо осі що проходить через центр мас корпусу перпендикулярно площині (рис. 1).

Відповідно до співвідношень (4) та (5) моделювання вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи зводиться до визначення закону зміни у часі вертикальної координати центру мас її корпусу та кута повороту корпусу навколо центру мас для заданої швидкості руху (1) колісної платформи у горизонтальному напрямку та для заданої форми профілю (3) опорної поверхні. Оскільки невідомими задачі є функції часу, то математична модель вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи має бути побудована у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь та відповідних початкових умов, необхідних для визначення вертикальної координати центру мас та кута повороту корпусу як функцій часу.

Побудова диференціальних рівнянь математичної моделі вертикальних коливань. Математична модель системи чи процесу відбиває тою чи іншою мірою властивості реальної системи, зокрема обмеження, що у реальних умовах. Математична модель складається (розробляється) у математичних термінах (математичною мовою) і має, як правило, кількісний опис [1, 2]. Тому стан математичної моделі системи або процесу може бути представлений у вигляді елемента x множини можливих станів X. Дуже важливим є те, щоб кожен елемент множини $x \in X$ характеризував стан моделі системи або процесу повністю, однозначно. Безліч X можна розглядати як простір станів системи чи процесу. Однак у математиці (функціональному аналізі) простором, зазвичай, називають множину, в якій задано співвідношення між будь-якими її елементами, що визначає близькість між ними.

Вертикальні коливання корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи обумовлені силами пружності ресор, через які на корпус передаються нерівності профілю опорної поверхні, якою рухається платформа. Отже, для побудови диференціальних рівнянь математичної моделі вертикальних коливань корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи використовуємо рівняння Лагранжа другого роду, котрі для консервативних систем мають вигляд:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0,\ k = 1, 2, \ldots, n, \tag{6}$$

де L — функція Лагранжа, що представляє різницю між потенційною та кінетичною енергією досліджуваної системи;

n — кількість ступенів вільності досліджуваної системи;

$q_1, q_2, \ldots q_n$ — узагальнені координати досліджуваної системи;

$\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots \dot{q}_n$ — узагальнені швидкості досліджуваної системи.

Рівняння Лагранжа другого роду — диференціальні рівняння другого порядку в узагальнених координатах. Вони дають єдиний і досить простий метод розв'язання задач динаміки для будь-яких голономних і стаціонарних систем, що як завгодно рухаються. Кількість рівнянь не залежить від числа точок або тіл, які входять до механічної системи, а залежить від числа ступенів свободи. Сили, що діють на систему, представлені у вигляді узагальнених сил, куди входять лише зовнішні сили, а всі реакції ідеальних зв'язків автоматично виключаються, отже, їх можна не показувати на кресленні. Також, якщо на систему діють сили тертя, то їх включають до зовнішніх сил. Механічна система під дією сили тяжіння починає рухатися зі стану спокою, тому необхідно визначити прискорення всіх тіл, що входять до системи.

Аналітичний висновок рівнянь Лагранжа другого роду не дозволяє усвідомити їхній фізичний зміст. Однак певною мірою останній можна побачити зі зіставлення цих рівнянь з рухом точки в тривимірному просторі, записаному в проекції на криволінійні координати. Для цього звернемося знову до значення узагальнених координат.

Як зазначалося, перевага узагальнених координат перед декартовими під час розгляду зв'язкових систем у тому, що узагальнені координати автоматично враховують зв'язку, накладені систему. Але значення узагальнених координат не вичерпується вказаним. Дійсно, у разі руху вільної матеріальної точки три параметри, що визначають радіус-вектор її, можна розглядати як узагальнені координати й одночасно як криволінійні координати точки в тривимірному просторі.

Якщо система складається з вільних матеріальних точок, отже, володіє ступенями свободи, то, переходячи до будь-яких криволінійних координат, отримаємо узагальнені координати системи. Таким чином, запровадження узагальнених координат представляє в деяких випадках перехід від декартових координат системи до криволінійних координат, які можуть бути зручні при розгляді тих чи інших завдань.

Рух однієї матеріальної точки визначається зміною трьох координат. Останні визначають деякий тривимірний простір. Рух вільних матеріальних точок визначається зміною координат; координати визначають вимірний простір. Отже, рух матеріальних точок можна окреслити як рух однієї матеріальної точки вздовж деякої траєкторії вимірного простору. Цей простір називається простором змін. Таке геометричне уявлення руху системи матеріальних точок часом є дуже наочним і корисним щодо руху механічних систем.

З урахуванням припущень прийнятої схематизації вертикальних коливань корпусу для досліджуваної чотирьохколісної платформи (рис. 1) матимемо функцію Лагранжа (6) у наступному вигляді:

$$L = \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} j \dot{\varphi}^2 - \frac{1}{2} c \Delta l_1^2 - \frac{1}{2} c \Delta l_2^2, \qquad (7)$$

де Δl_1 — зміна довжини еквівалентної пружини, що представляє ресору, розташовану ліворуч від центру мас на рис. 1;

Δl_2 — зміна довжини еквівалентної пружини, що представляє ресору, розташовану ліворуч від центру мас на рис. 1.

Зміни довжин еквівалентних пружин, які представляють ресори, з прийнятої схематизації досліджуваної чотирьохколісної платформи мають визначатися так:

$$\Delta l_1 = y - l\varphi - \psi\left(x - l\right), \qquad (8)$$

$$\Delta l_2 = y + l\varphi - \psi\left(x + l\right). \qquad (9)$$

Завдяки виразам (8) та (9) функція Лагранжа (7) досліджуваної чотирьохколісної платформи набуде такого вигляду:

$$L = \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} j \dot{\varphi}^2 - \frac{1}{2} c \left(y - l\varphi - \psi\left(x - l\right)\right)^2 - \\ - \frac{1}{2} c \left(y + l\varphi - \psi\left(x + l\right)\right)^2 \qquad (10)$$

З урахуванням припущень, які прийняті до розрахункових схем вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи (рис. 1), маємо систему з двома ступенями вільності та узагальненими координатами:

$$n = 2,\ q_1 = y,\ q_2 = \varphi. \qquad (11)$$

Прийняті у вигляді (11) визначення узагальнених координат, які окреслюють вертикальні коливання досліджуваної чотирьохколісної платформи, дозволяють представити функцію Лагранжа (7) наступним чином:

$$L = \frac{1}{2} m \dot{q}_1^2 + \frac{1}{2} j \dot{q}_2^2 - \frac{1}{2} c \left(q_1 - lq_2 - \psi\left(x - l\right)\right)^2 - \\ - \frac{1}{2} c \left(q_1 + lq_2 - \psi\left(x + l\right)\right)^2 \qquad (12)$$

Рівняння Лагранжа другого роду (6) для функції Лагранжа (11) набудуть вигляду:

$$m \ddot{q}_1 + c\left(q_1 - lq_2 - \psi\left(x - l\right)\right) + \\ + c\left(q_1 + lq_2 - \psi\left(x + l\right)\right) = 0, \qquad (13)$$

$$j \ddot{q}_2 - cl\left(q_1 - lq_2 - \psi\left(x - l\right)\right) + \\ + cl\left(q_1 + lq_2 - \psi\left(x + l\right)\right) = 0 \qquad (14)$$

В одержаних рівняннях (13) та (14) врахуємо подібні доданки та перенесемо невідомі ліворуч від знаку рівності. Отже після виконання нескладних перетворень одержані у вигляді (13) та (14) диференціальні рівняння остаточно запишуться так:

$$m\ddot{q}_1 + 2cq_1 = c\left(\psi\left(x+l\right)+\psi\left(x-l\right)\right), \quad (15)$$

$$j\ddot{q}_2 + 2clq_2 = cl\left(\psi\left(x+l\right)-\psi\left(x-l\right)\right). \quad (16)$$

Диференціальні рівняння (15) та (16) слід доповнити диференціальним рівнянням для визначення горизонтальної координати центру мас досліджуваної чотирьохколісної платформи, що має такий вигляд:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a\left(t\right). \quad (17)$$

Таким чином, диференціальні рівняння математичної моделі вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи відповідно до прийнятих припущень (рис. 1) мають вигляд (15)–(17) системи трьох звичайних диференціальних рівнянь другого порядку. Для інтегрування системи звичайних диференціальних рівнянь другого порядку (15)–(17) слід враховувати початкові умови, що далі приймаємо як:

$$q_1\left(0\right)=0,\ q_2\left(0\right)=0,\ \dot{q}_1\left(0\right)=0,\ \dot{q}_2\left(0\right)=0,$$

$$x\left(0\right)=0,\ \dot{x}\left(0\right)=\nu_0, \quad (18)$$

де ν_0 — початкова швидкість чотирьохколісної платформи.

Прийняті у вигляді (18) початкові умови відповідають випадку чотирьохколісної платформи, що має задану горизонтальну початкову швидкість та початкове положення корпусу відповідне положенню рівноваги на ресорах досліджуваної колісної платформи, що розташована на ідеальній горизонтальній опорній поверхні.

Математична модель вертикальних коливань досліджуваної чотирьохколісної платформи з урахуванням прийнятої схематизації (рис. 1), що побудована у вигляді системи трьох звичайних диференціальних рівнянь другого порядку (15)–(17) та відповідних цим рівнянням початкових умов (18), дозволяє визначити залежність від часу координати центру мас (4) та кут повороту (5) корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи при вертикальних коливаннях, які обумовлені рухом платформи опорною поверхнею із відхиленнями від горизонтальної площини (3).

Оцінка вертикальних прискорень та їхнього впливу на бортові пристрої систем автоматизації. Автоматичне управління у техніці, сукупність дій, вкладених у підтримку чи поліпшення функціонування керованого об'єкта без безпосередньої участі людини відповідно до заданої мети управління широко застосовується в багатьох технічних і біотехнічних системах для виконання операцій, які не здійснюються людиною у зв'язку з необхідністю перероблення великої кількості інформації в обмежений час, для підвищення продуктивності праці, якості та точності регулювання, звільнення людини від управління системами, що функціонують в умовах відносної недоступності або небезпечних для здоров'я.

Мета управління тим чи іншим чином пов'язується із зміною в часі регульованої (керованої) величини — вихідної величини об'єкта, що керується. Для здійснення мети управління, з урахуванням особливостей керованих об'єктів різної природи та специфіки окремих класів систем, організується вплив на органи управління об'єкта — керувальний вплив. Він призначений також для компенсації ефекту зовнішніх впливів, які обурюють, прагнуть порушити необхідну поведінку регульованої величини. Керувальна дія виробляється пристроєм управління. Сукупність взаємодіючих керувального пристрою та керованого об'єкта утворює систему автоматичного керування.

Будь-який виробничий, технологічний процес або технічний об'єкт характеризуються певними фізичними параметрами (витрата речовини та енергії, режими різання, температура, тиск). Щоб забезпечити потрібний режим, ці параметри необхідно підтримувати постійно або змінювати за певним законом. Параметр виробничого, технологічного процесу чи технічного об'єкта, що необхідно підтримувати постійно чи змінювати за певним законом, називають керованим (керованою величиною $y(t)$). Значення керованого параметра, що згідно з завданням має бути в даний момент часу, називають заданим значенням керованого параметра.

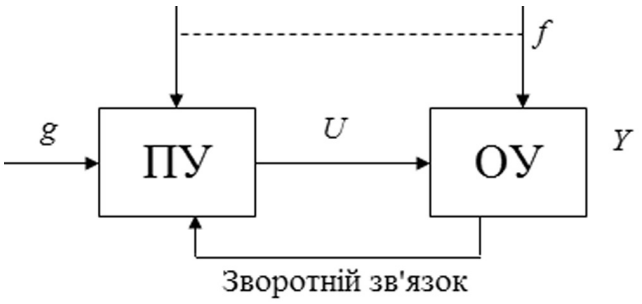
За своїм обсягом механізація та автоматизація може бути частковою, повною та комплексною. При частковій передбачається охоплення деяких основних операцій, при повній всіх основних операцій, а при комплексній — всіх основних та допоміжних [3].

Блок-схему системи (автоматичного) управління можна уявити так, як на рис. 2. Вихідна змінна об'єкта управління є вихідною (керованою) змінною системи управління.

Канал зв'язку, яким інформація про поточний стан ОУ надходить до ПУ (рис. 2), називається зворотним зв'язком.

Зовнішній вплив g, який визначає необхідний (заданий) закон зміни вихідної змінної, називається впливом, який задається. Тут, як це часто роблять, вплив, який задається, виведено за межі керувального пристрою, в той час як задавання виробляється задатчиками, що входять до складу ПУ.

Сукупність операцій, необхідні підтримки чи зміни у потрібному напрямку показників процесу називається регулюванням, а власне показники процесу — регульованими величинами. Регулювання, що відбувається без будь-якої участі людини, називають автоматичним, а регулювальні пристрої, що виконують таке регулювання — автоматичними регуляторами. Технічний пристрій, який реалізує процес, котрий необхідно регулювати, називається об'єктом регулювання. Щоб можна було здійснити регулювання, об'єкт повинен мати орган, який регулює, при



ПУ — пристрій управління; ОУ — об'єкт управління

Рис. 2. Загальна блок-схема системи автоматизованого управління

зміні положення або стану котрого показники процесу будуть змінюватися в заданих межах або напрямках.

Будь-яку систему автоматичного регулювання можна представити з окремих пристроїв — елементів, які у процесі роботи відчувають у собі вплив різних чинників. До них належать впливи, що надходять як на систему в цілому, так і на окремі її елементи.

Впливи бувають внутрішні та зовнішні. Внутрішніми впливами називаються такі, що передаються всередині системи від одного елемента до іншого, утворюючи послідовний ланцюг внутрішніх впливів, які забезпечують перебіг технічного процесу із заданими показниками.

Зовнішні дії, у свою чергу, можна розділити на два види. До першого виду належать такі зовнішні впливи, що подаються на вхід системи свідомо та необхідні для нормального перебігу технічного процесу. Зазначені дії називаються такими, що задають, або вхідними.

До другого виду зовнішніх впливів на систему автоматичного регулювання належать впливи, що надходять безпосередньо на об'єкт, який регулюється. Ці дії називають зовнішніми збуреннями і позначають через $F(t)$. Для різних систем автоматики збурення будуть різними. Наприклад, для двигуна постійного струму вхідною величиною буде напруга, що підводиться до двигуна, вихідною (регульована величина) — частота обертання двигуна, а збуренням — навантаження на його вал. Розрізняють збурення основні та другорядні.

До основних збурень належать такі, що найбільше впливають на регульовану величину $y(t)$. Якщо вплив зовнішніх збурень на регульовану величину t незначний, то вони вважаються другорядними. Так, для двигуна при постійному струмі збудження основним збуренням буде навантаження на вал двигуна, а другорядними — ті збурення, що призводять до незначних змін частоти обертання двигуна (зокрема, зміни температури навколишнього середовища, що призводять до зміни опору обмотки збурення та обмотки якоря), отже, і струмів, зміна напруги мережі, що живить обмотку збурення двигуна, зміна опору щіткових контактів тощо).

Для оцінки впливу вертикальних коливань на ресорах досліджуваної чотирьохколісної платформи на бортові прилади та пристрої систем автоматизації розглянемо рух пристрою, що закріплений у заданій частині на корпусі досліджуваної платформи (рис. 3). На корпусі чотирьохколісної платформи бортовий пристрій можна розглядати як характерну точку, координати x_P та y_P якої в рухомій системі координат (рис. 3), що зв'язана із корпусом досліджуваної чотирьохколісної платформи є сталими:

$$\xi_P = \mathrm{const}_1,\ \eta_P = \mathrm{const}_2, \tag{19}$$

де const_1 та const_2 — задані координати;

ξ_P та η_P — координати характерної точки бортового пристрою в рухомій системі координат $c\xi\eta$.

Унаслідок вертикальних коливань корпусу чотирьохколісної платформи характерна точка бортового приладу, закріпленого на її корпусі, буде рухатись разом із корпусом таким чином, що її координати в абсолютній нерухомій координатній системі xy (рис. 3) будуть змінюватися протягом часу:

$$y_P = y_P(t), \tag{20}$$

$$x_P = x_P(t). \tag{21}$$

де x_P та y_P — абсолютні координати бортового пристрою, розташованого на рухомій чотирьохколісній платформі.

Із суто геометричного сенсу (рис. 3) абсолютні координати (20), (21) характерної точки бортового пристрою закріпленого на корпусі рухомої чотирьохколісної платформи можна визначити наступним чином:

$$x_P = x + \xi_P \cos\varphi - \eta_P \sin\varphi, \tag{22}$$

$$y_P = y + \xi_P \sin\varphi + \eta_P \cos\varphi. \tag{23}$$

Проекції на нерухомі координатні осі xy (рис. 3) абсолютної швидкості та абсолютного прискорення характерної точки бортового пристрою закріпленого на корпусі досліджуваної чотирьохколісної платформи внаслідок вертикальних коливань на ресорах визначатимуться похідними за часом абсолютних координат (22), (23). Для абсолютної швидкості матимуть такий вигляд:

$$\dot{x}_P = \dot{x} - \dot{\varphi}\xi_P \sin\varphi - \dot{\varphi}\eta_P \cos\varphi, \tag{24}$$

$$\dot{y}_P = \dot{y} + \dot{\varphi}\xi_P \cos\varphi - \dot{\varphi}\eta_P \sin\varphi, \tag{25}$$

а для абсолютного прискорення наступний вигляд:

$$\ddot{x}_P = \ddot{x} + \dot{\varphi}^2\left(-\xi_P \cos\varphi + \eta_P \sin\varphi\right) - \\ - \ddot{\varphi}\xi_P \sin\varphi - \ddot{\varphi}\eta_P \cos\varphi, \tag{26}$$

$$\ddot{y}_P = \ddot{y} + \dot{\varphi}^2\left(-\xi_P \sin\varphi + \eta_P \cos\varphi\right) + \\ + \ddot{\varphi}\xi_P \cos\varphi - \ddot{\varphi}\eta_P \sin\varphi. \tag{27}$$

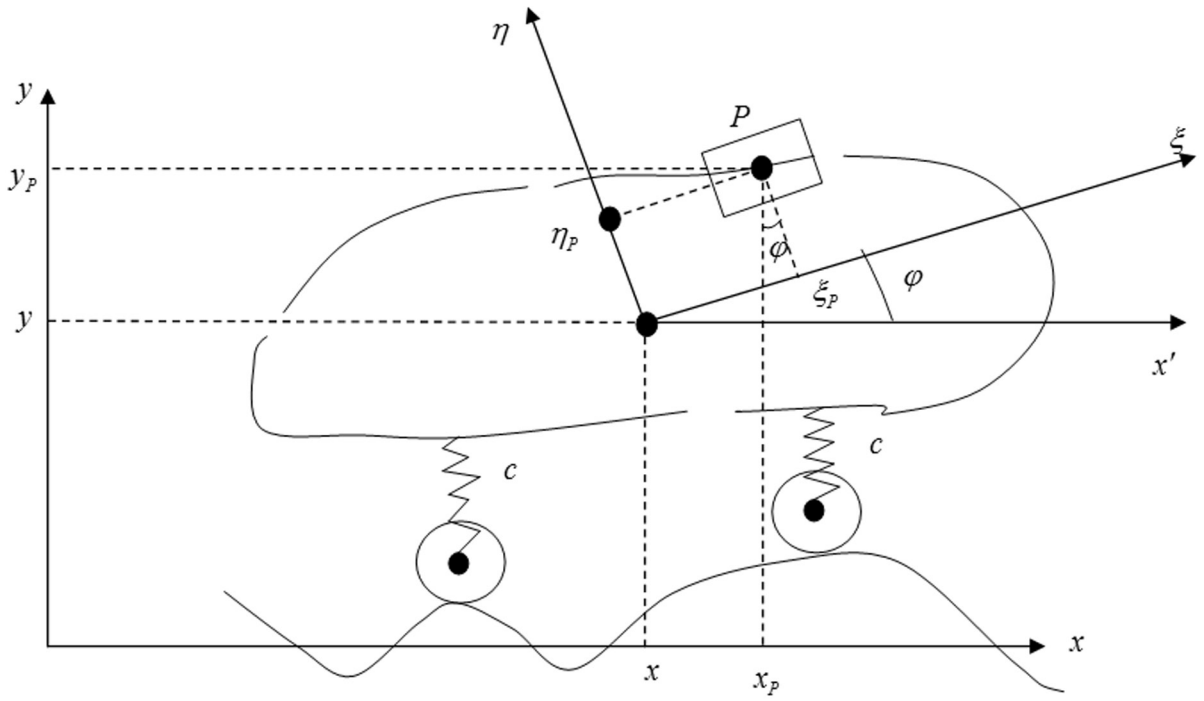


Рис. 3. Рух бортового пристрою на чотирьохколісній платформі

В одержаному результаті (26), (27) врахуємо, що вертикальні коливання корпусу досліджуваної чотирьохколісної платформи є малими, тобто кут повороту задовольняє умовам:

$$\varphi^2 << \varphi \Rightarrow \cos\varphi \approx 1,\ \sin\varphi \approx 0 \qquad (28)$$

З урахуванням наближених рівностей (28) проекції (26), (27) абсолютного прискорення характерної точки бортового пристрою закріпленого на корпусі досліджуваної чотирьохколісної платформи внаслідок вертикальних коливань на ресорах визначатимуться таким чином:

$$\ddot{x}_P \approx \ddot{x} - \dot{\varphi}^2 \xi_P - \ddot{\varphi}\eta_P, \qquad (29)$$

$$\ddot{y}_P \approx \ddot{y} - \dot{\varphi}^2 \eta_P + \ddot{\varphi}\xi_P. \qquad (30)$$

Завдяки отриманим виразам (29) та (30) маємо можливість визначити прискорення внаслідок горизонтального руху та вертикальних коливань на ресорах характерної точки пристрою закріпленого на корпусі досліджуваної чотирьох колісної платформи:

$$a_P = \sqrt{\ddot{x}_P^2 + \ddot{y}_P^2}, \qquad (31)$$

де a_P — прискорення характерної точки бортового пристрою, закріпленого на корпусі досліджуваної чотирьохколісної платформи.

Саме величина (31) прискорення визначає вплив вертикальних коливань на ресорах на бортовий пристрій закріплений на корпусі рухомої чотирьохколісної платформи. Як свідчать співвідношення (29)–(31), вплив вертикальних коливань корпусу рухомої чотирьохколісної платформи на закріплений на ньому бортовий пристрій визначається не тільки вертикальним прискоренням корпусу платформи, а також його кутовою швидкістю та прискоренням, та, крім цього, ще й місцем розташування пристрою на корпусі, тобто координатами (19).

Висновки. Отже, за допомогою розробленої математичної моделі (15)–(18) вертикальних коливань маємо можливість визначати прискорення (31) характерних точок бортових пристроїв закріплених на корпусі рухомої чотирьохколісної платформи при горизонтальному русі та вертикальних коливаннях на ресорах.

Література

1. Banerjee S., Raton B. Mathematical Modeling: Models, Analysis and Applications, 2nd Edition. FL: Chapman and Hall/CRC Press, Taylor & Francis Group, 2022. 433 p.

2. Arakelian V., Wenger P. (Eds.) ROMANSY 22 — Robot Design, Dynamics and Control. *Proceedings of the 22nd CISM IFToMM Symposium*ю Rennes, France, 25–28 June 2018. P. 481–490.

3. Cheng Peng, Li Chen. Model Reference Adaptive Control Based on Adjustable Reference Model during Mode Transition for Hybrid Electric Vehicles / Mechatronics. 2022. Vol. 87 (1). 102894.

УДК 62–83:681.513.5

Клюєв Олег Володимирович
кандидат технічних наук,
доцент кафедри Електротехніки і електромеханіки
Дніпровський державний технічний університет
Kliuiev Oleh
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Electrical Engineering and Electromechanics
Dniprovsk State Technical University
ORCID: 0000-0003-4542-3317

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10241

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОНІЗОВАНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

RESEARCH REACTIVE POWER OF ASYNCHRONIZED SYNCHRONOUS GENERATOR

Анотація. *У статті з рівнянь динаміки машини подвійного живлення (МПЖ) отримані рівняння асинхронізованого синхронного генератора (АСГ) як її різновиду. Потім рівняння динаміки записані для статичного режиму роботи. З них виведені залежності реактивної потужності АСГ від струму ротора в асинхронному режимі при ковзаннях відмінних від нуля. Проведено порівняльний аналіз отриманих характеристик реактивної потужності з аналогічним графіком для синхронного режиму при нульовому ковзанні.*

Ключові слова: *асинхронізований синхронний генератор, проекції вектора струму ротора, реактивна потужність, ковзання, запас стійкості.*

Summary. *In the paper from the general equations of the dynamics of the doubly fed machine (DFM), the equations of the asynchronized synchronous generator (ASG) as its special case are obtained. Then the equations of the dynamics are written for the static operating mode. From them the dependences of the reactive power of the ASG on the rotor current in the asynchronous mode with slips different from zero are derived. A comparative analysis of the obtained characteristics of the reactive power with a similar graph for the synchronous mode with zero slip is carried out.*

Key words: *asynchronized synchronous generator, rotor current vector projections, reactive power, slip, stability margin.*

Постановка задачі. Основна техніко-економічна перевага застосування асинхронізованих синхронних генераторів (АСГ) полягає в забезпеченні стійкої роботи в режимах глибокого споживання реактивної потужності, які характерні для сучасних ліній електропередачі високої напруги. Конструкція ротора з двома обмотками збудження (ОЗ) по ортогональним осям та наявність реверсивних збудників у кожній ОЗ дає можливість у перехідних режимах оптимально орієнтувати магніторушійну силу (МРС) генератора з метою створення максимального гальмуючого електромагнітного моменту. При сильних збуреннях, коли можливості керування обмежені максимальною напругою збудження, оптимальна орієнтація МРС збудження досягається автоматично по командах автоматичного регулювання збудження комбінацією форсування та зняття напруг на ОЗ. Оскільки керування каналом напруги може здійснюватися незалежно від електромеханічного процесу коливань ротора, то в умовах, коли напруга збудження не досягає максимальних значень, можна підвищити якість регулювання напруги на шинах станції. Це, зокрема, сприяє підвищенню динамічної стійкості паралельно працюючих синхронних генераторів і прискорює відновлення нормального енергопостачання споживачів. У статті [1] обґрунтовується ефективність використання АСГ у суднових системах електропостачання в порівнянні із синхронними машинами для запобігання коливань ротора і підвищення запасу стійкості. У [2] проаналізовані можливості АСГ споживати і генерувати реактивну потужність у мережу при змінній швидкості обертання вала генератора, який приводиться у рух вітровою турбіною.

У даній статті ставиться задача дослідити реактивну потужність АСГ у функції струму ротора при різних кутових швидкостях обертання ротора.

Виклад основного матеріалу. Рівняння узагальненої електричної машини в ортогональних осях u, v мають вигляд [3]:

$$\vec{U}_{s,uv} = \vec{I}_{s,uv}R_s + \frac{d\vec{\Psi}_{s,uv}}{dt} + j\omega_k\vec{\Psi}_{s,uv};$$
$$\vec{U}_{r,uv} = \vec{I}_{r,uv}R_r + \frac{d\vec{\Psi}_{r,uv}}{dt} + j\left(\omega_k - \omega\right)\vec{\Psi}_{r,uv}; \quad (1)$$

$$\vec{\Psi}_{s,uv} = \vec{I}_{s,uv}L_s + \vec{I}_{r,uv}L_m;$$
$$\vec{\Psi}_{r,uv} = \vec{I}_{s,uv}L_m + \vec{I}_{r,uv}L_r. \quad (2)$$

Систему рівнянь (1), (2) можна вважати найбільш загальною математичною моделлю машини подвійного живлення, коли зовнішні напруги прикладаються до обмоток статора і ротора. У залежності від законів керування векторами $\vec{U}_s$ і $\vec{U}_r$ МПЖ може працювати в різних режимах, наприклад, у режимі асинхронного вентильного каскаду, синхронної машини, у режимі асинхронізованої синхронної машини генератором або двигуном зі стійкістю як по куту навантаження, так і по ковзанню.

Розглянемо роботу МПЖ у режимі асинхронізованого синхронного генератора зі стійкістю по куту навантаження і генерацією активної потужності в мережу. Запишемо рівняння (1), (2) в осях координат, орієнтованих за вектором потокозчеплення статора. Опорний вектор напруги статора не розглядаємо, тому що при коротких замиканнях на статорі цей вектор зникає і стає рівним нулю. Якщо вісь u спрямована за вектором $\vec{\Psi}_s$, то його проекція $\Psi_{sv} = 0$. Тоді рівняння (1), (2) у проекціях на осі координат приймають наступний вигляд:

$$U_{su} = R_s I_{su} + \frac{d\Psi_s}{dt}; \; U_{sv} = R_s I_{sv} + \omega_k \Psi_s; \quad (3)$$

$$U_{ru} = R_r I_{ru} + \frac{d\Psi_{ru}}{dt} - \left(\omega_k - \omega\right)\Psi_{rv};$$

$$U_{rv} = R_r I_{rv} + \frac{d\Psi_{rv}}{dt} + \left(\omega_k - \omega\right)\Psi_{ru}; \quad (4)$$

$$\Psi_s = L_s I_{su} + L_m I_{ru}; \; 0 = L_s I_{sv} + L_m I_{rv};$$

$$\Psi_{ru} = L_m I_{su} + L_r I_{ru}; \; \Psi_{rv} = L_m I_{sv} + L_r I_{rv}; \quad (5)$$

$$M_e = -\frac{3}{2}Nk_s\Psi_s I_{rv}. \quad (6)$$

Якщо прийняти $R_s = 0$, то в статиці з першого рівняння (3) випливає $U_{su} = 0$. Тоді $U_s = U_{sv}$ і вектор напруги статора $\vec{U}_s$ перпендикулярний вектору потокозчеплення статора $\vec{\Psi}_s$. У сталому режимі з другого рівняння (3) випливає $\Psi_s = U_s/\omega_0$. Підставляємо даний вираз у формулу електромагнітного моменту (6) і одержуємо

$$M_e = -\frac{3Nk_s U_s}{2\omega_0} I_{rv}. \quad (7)$$

Вираз (7) аналогічний кутовій характеристиці синхронної машини. Однак існує принципова різниця. Активну складову струму ротора I_{rv} в асинхронізованій синхронній машині можна регулювати незалежно від інших змінних. У синхронному режимі цього ефекту досягти не можливо — керованою є тільки амплітуда вектора струму I_f, а не його окремі проекції.

Властивості і характеристики асинхронізованих синхронних машин визначаються характером зміни напруги ротора. Оскільки асинхронізовані синхронні машини мають мінімум дві обмотки збудження, то в цій машині на відміну від синхронної машини існує можливість керування не тільки амплітудою, але і фазою вектора $\vec{U}_r$, і, отже, амплітудою і фазою вектора струму ротора $\vec{I}_r$.

Будь-яке керування має своєю метою зміну по заданому закону тієї або іншої змінної, що характеризує роботу електричної машини. Цими керованими змінними можуть бути, наприклад, електромагнітний момент, напруга на затискачах статора машини, частота обертання ротора, активна і реактивна потужності машини. В асинхронізованій синхронній машині можливо незалежне, роздільне регулювання складових узагальненого вектора, що характеризує режим роботи машини. Таким вектором при керуванні з боку ротора є струм ротора $\vec{I}_r$. Роздільне регулювання за відповідними законами активної I_{rv} і реактивної складових I_{ru} струму ротора представляє основний принцип керування асинхронізованою машиною. При цьому активний струм I_{rv} при постійній напрузі статора цілком визначає електромагнітний момент за формулою (7) і через рівняння руху — швидкість. Отже, складову струму I_{rv} необхідно регулювати у функції швидкості. Функціональну залежність у каналі активної потужності задає зовнішній регулятор швидкості, якому підпорядкований регулятор активної складової струму ротора I_{rv}.

Реактивна потужність статора МПЖ, якщо не враховувати його активного опору, дорівнює

$$Q_s = \frac{3U_s^2}{2X_s} - \frac{3}{2}k_s U_s I_{ru}. \quad (8)$$

Видно, що при постійній напрузі статора його реактивна потужність визначається тільки реактивною складовою струму ротора I_{ru}. У той же час від балансу реактивної потужності в мережі залежить рівень напруги. Отже, реактивний струм ротора можна регулювати незалежно, формуючи сигнал завдання на вході його регулятора в каналі реактивної потужності. Також існує можливість регулювати реактивний струм I_{ru} у функції напруги статора, що доцільно, якщо МПЖ працює в генераторному режимі. Тоді в каналі реактивної потужності зовнішньому регулятору модуля напруги статора

підпорядкований внутрішній регулятор реактивної складової струму ротора I_{ru}.

У машинах з поздовжньо-поперечним збудженням на обмотки по осях u та v покладаються різні функції. За допомогою обмотки v можна регулювати електромагнітний момент, а обмотки u — реактивну потужність або напругу. З рівнянь (3–6) у сталому режимі, нехтуючи активним опором статора, можна одержати наступний вираз реактивної потужності ротора

$$Q_r = \frac{3}{2} X_\delta s I_{ru}^2 + \frac{3}{2} k_s U_s s I_{ru} + \frac{2X_\delta s P_s^2}{3k_s^2 U_s^2}, \qquad (9)$$

де $X_\delta = \omega_0 L_\delta$; $L_\delta = L_{r\sigma} + k_s L_{s\sigma}$ — індуктивність потоків розсіювання статора і ротора; s — ковзання.

Сумарна реактивна потужність утвориться додаванням реактивних потужностей ланцюгів статора (8) і ротора (9):

$$Q_\Sigma^{'} = Q_s + Q_r = \frac{3U_s^2}{2X_s} + \frac{3}{2} X_\delta s I_{ru}^2 - $$
$$- \frac{3}{2} k_s U_s (1 - s) I_{ru} + \frac{2X_\delta s P_s^2}{3k_s^2 U_s^2}. \qquad (10)$$

В асинхронному режимі активна складова струму ротора дорівнює $I_{rv} = 2P_s / 3k_s U_s$ і збігається з припустимим за умовою стійкості струмом збудження в синхронному режимі роботи. Для порівняння реактивних потужностей МПЖ в асинхронному режимі і синхронної машини можна спочатку побудувати графіки залежності $Q_\Sigma^{'}(I_r)$, де модуль струму ротора визначається за формулою

$$I_r = \sqrt{I_{rv}^2 + I_{ru}^2}. \qquad (11)$$

Потім для однакових активних потужностей в одній координатній площині відображаються графіки функції $Q_\Sigma^{'}(I_r)$ при різних ковзаннях і графік функції $Q_\Sigma(I_f)$. Це наочно покаже розходження режимів по реактивній потужності.

На рис. 1, 2 зображені графіки, побудовані за описаною методикою. Суцільною лінією показана крива для синхронної машини з однією обмоткою на роторі. Тому режиму, який відповідає верхній частині кривої, не існує. Суцільна лінія побудована за виразом

$$Q_s = \frac{3U_s^2}{2X_s} - \frac{1}{2}\sqrt{9k_s^2 U_s^2 I_f^2 - 4P_s^2}. \qquad (12)$$

Опишемо асинхронний режим роботи АСГ із ковзанням, відмінним від нуля. Точка перегину кривих $Q_\Sigma^{'}(I_r)$ відповідає цілком активному струму ротора, коли реактивна складова дорівнює нулю $I_{ru} = 0$. При $I_{ru} > 0$ будується нижня частина кривих, яка показує генерування реактивної потужності в мережу при нарощуванні збудження ротора. У цьому випадку для швидкостей нижче синхронної $(s > 0)$ статорне коло віддає реактивну потужність у мережу, а роторне коло її споживає. Якщо швидкість ротора вище синхронної $(s < 0)$, то як статорне, так і роторне кола генерують реактивну потужність у мережу. Тому зазначені криві лежать по різні

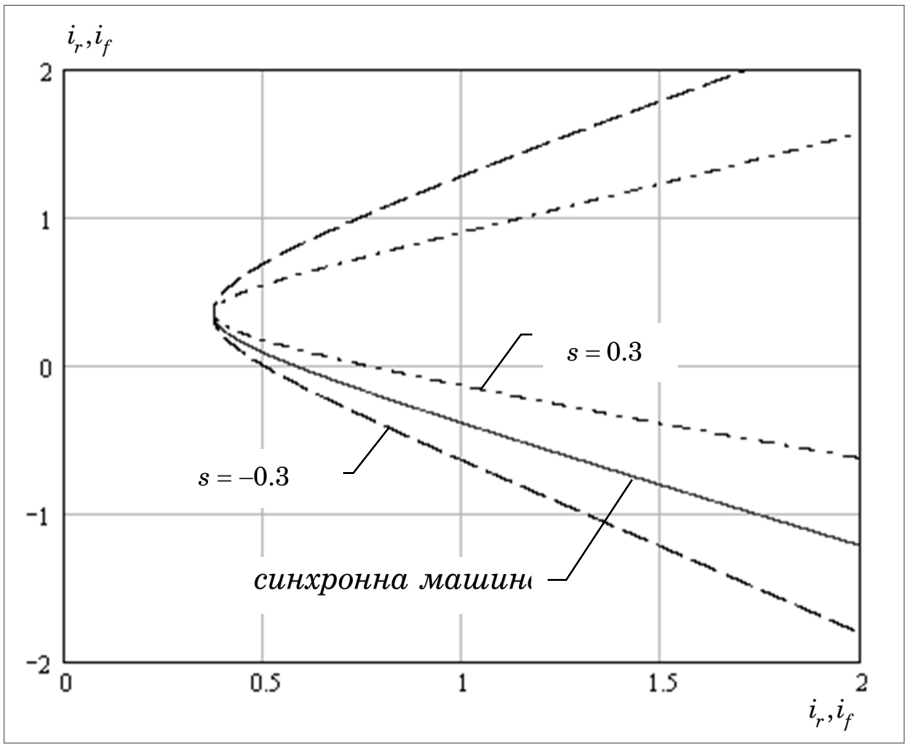


Рис. 1. Залежності сумарної реактивної потужності АСГ від модуля струму ротора при різних ковзаннях і заданій активній потужності $p_s = 0.4$

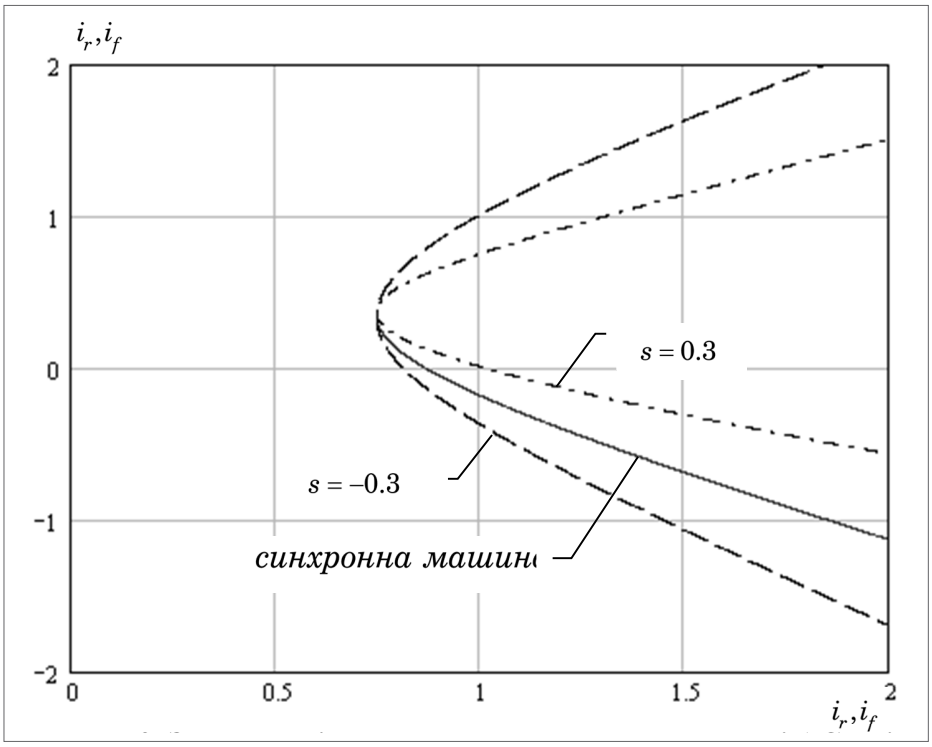


Рис. 2. Залежності сумарної реактивної потужності АСГ від модуля струму ротора при різних ковзаннях і заданій активній потужності $p_s = 0.8$

сторони від суцільної лінії, яка показує залежність $Q_\Sigma\left(I_f\right)$, коли реактивна потужність ротора дорівнює нулю.

Графік $Q'_\Sigma\left(I_r\right)$ при нульовому ковзанні у своїй нижній частині збігається з графіком $Q_\Sigma\left(I_f\right)$. Однак крива $Q'_\Sigma\left(I_r\right)$ продовжується нагору і для синхронної швидкості $\left(s = 0\right)$, чого неможливо забезпечити за умовами стійкості для синхронної машини з однією обмоткою на роторі.

Верхні частини графіків реалізуються тільки в МПЖ, яка має два канали керування за ротором. Ця ділянка кривих будується при $I_{ru} < 0$, тобто реактивний струм ротора розмагнічуючий, що приводить до споживання великої кількості реактивної потужності з боку статора АСГ. Верхні ділянки кривих відповідають режиму глибокого споживання реактивної потужності з мережі зі збереженням стійкості АСГ. Можна помітити, що регулюючий ефект вище при негативних ковзаннях, чим при позитивних, тому що ширше розкид гілок графіка.

Висновки. Проведений аналіз показав, що асинхронізована машина у відношенні стійкості має перевагу перед синхронною, яка полягає в тім, що множина її стійких режимів завжди більше такої множини синхронної машини і, у першу чергу, за рахунок усталеної роботи в режимах споживання реактивної потужності. Рівень обмеження активного навантаження незначно залежить від режиму АСГ за реактивною потужністю і вище чим у синхронних аналогів, які у режимі споживання реактивної потужності вимагають значного зниження активного навантаження.

Література

1. Мехтієв Г.А., Ісмаїлов С.С. Особливості використання асинхронізованих синхронних валогенераторів на суднах із ГРК. *Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій.* 2019. Вип. 1(28). С. 25–31.

2. Kumar S., Singh O., Aggarwal S. A comparative study for reactive power capability of doubly fed induction generator and synchronous generator. *International Conference on Control, Computing, Communication and Materials (ICCCCM).* 2016. doi: 10.1109/iccccm.2016.7918237.

3. Клюєв О.В., Садовой О.В., Сохіна Ю.В. Системи керування асинхронними вентильними каскадами. Кам'янське : ДДТУ. 2018. 294 с.

УДК 622.279

Пилявський Сергій Вікторович
магістр нафтогазової інженерії, магістр гірництва
Pyliavskyi Serhii
Master Degree Oil and Gas Engineering, Master Degree Mining

Пилявський Віктор Вікторович
інженер-механік, гірничий інженер
Pyliavskyi Viktor
Mechanical Engineer, Mining Engineer

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10206

МОДЕЛЮВАННЯ ПОКЛАДУ ТА СИМУЛЯЦІЯ РОЗРОБКИ ПОКЛАДУ В ПРОГРАМІ PETREL ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ГАЗОВИЛУЧЕННЯ

RESERVOIR MODELING AND SIMULATION OF RESERVOIR DEVELOPMENT IN PETREL SOFTWARE TO INCREASE GAS RECOVERY

Анотація. *У пропонованій статті аналізуються сучасні методи моделювання і симуляції з використання програми Petrel, що дозволяють детально вивчити вплив різних факторів на ефективність видобутку газу. Розглядається процес створення моделей покладів та алгоритмів для симуляцій. Особлива увага приділяється оптимізації процесів видобутку та зменшенню витрат. Результати досліджень можуть бути використані для підвищення економічної ефективності експлуатації газових родовищ.*

Ключові слова: *моделювання, симуляція покладу, видобуток газу, газовилучення, Petrel.*

Summary. *The proposed article analyzes modern methods of modeling and simulation using the Petrel program, which allow to study in detail the influence of various factors on the efficiency of gas production. The process of creating deposit models and algorithms for simulations is considered. Special attention is paid to optimization of mining processes and cost reduction. Research results can be used to increase the economic efficiency of gas field exploitation.*

Key words: *modeling, deposit simulation, gas production, gas extraction, Petrel.*

Моделювання та симуляція розробки покладів є важливими аспектами у геології, гірничій справі, нафтогазової індустрії. Моделювання допомагає у плануванні і проведенні видобутку з максимальною ефективністю, зменшенні витрат і підвищенні прибутковості завдяки створенню детальної моделі геологічної структури та оцінці потенційного обсягу ресурсів. Моделювання допомагає в оцінці економічної доцільності проектів, забезпечуючи дані для прийняття рішень про інвестиції та стратегії видобутку.

Симуляція розробки покладу допомагає прогнозувати можливі проблеми, такі як обрушення, затоплення або інші технічні складнощі. Це дозволяє розробити стратегії для їх уникнення або мінімізації їх впливу, а також оцінити потенціальні екологічні впливи розробки покладу, такі як, можливі викиди, забруднення водоносних шарів і інші екологічні ризики, що дозволяє вчасно вжити заходів для їхнього зменшення.

Постійне удосконалення програмних засобів для моделюванні та симуляції допомагають покращити точність моделей і прогнозів. Таким чином, моделювання покладу і симуляція розробки покладу є критично важливими для ефективного та безпечного видобутку ресурсів, забезпечення економічної доцільності проектів і зменшення їхнього впливу на навколишнє середовище [2].

Актуальність теми моделювання покладу та симуляції розробки покладу з метою дослідження процесів підвищення газовилучення з газових є дуже високою і зумовлена кількома ключовими факторами: вона несе економічні вигоди. Такі як,

оптимізація видобутку і підвищення прибутковості; технічні і технологічні виклики, а саме ускладнені геологічні умови і розвиток нових технологій. Моделювання і симуляція допомагають краще зрозуміти ці умови, розробити ефективні стратегії видобутку, створити моделі, що спрогнозують наслідки використання нових технологій.

Тема моделювання покладів і симуляції розробки покладів для підвищення газовилучення з газових родовищ хоча і є спеціалізованою, однак включає дослідження в ряді наукових і технічних дисциплін, таких як гірничу справу, геологію, нафтогазову інженерію та фізику порід, Тему досліджують в провідних технічних університетах, а саме: Інститут нафтогазової інженерії Техаського університету (The University of Texas at Austin) — займається дослідженнями в області моделювання і симуляції покладів, включаючи підвищення газовилучення; Массачусетський технологічний інститут (MIT) — проводить дослідження в галузі нафтогазової інженерії, включаючи розвиток нових методів моделювання і симуляції; Ендрю М. Пейдж (Andrew M. Page) — займається розробкою моделей покладів та симуляцією процесів видобутку; дослідження Бенджаміна Д. Хукса (Benjamin D. Hooks) зосереджені на підвищенні ефективності видобутку газу з родовищ, зокрема на технологіях покращення газовилучення. Один з найбільших постачальників послуг у сфері видобутку нафти і газу нафтогазова компанія: Schlumberger, — активно займається розробкою технологій моделювання покладів і симуляції. нафтогазова компанія Halliburton — також спеціалізується на технологіях підвищення видобутку газу і розробці нових методів для підвищення газовилучення. Дослідження теми здійснюється на кафедрі видобування нафти і газу в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу д.т.н.. проф. Кондратом О. Р. [2; 6].

Моделювання покладу НД-11 Любещівського родовища складається з геологічного моделювання та моделювання розподілу покладів газу. Геологічне моделювання включає в себе збір даних у вигляді використаня геофізичних, геохімічних та геологічних даних для створення тривимірної моделі покладу [3; 4].

Також відбувається **інтерпретація даних, а саме** аналіз проб, буріння та інших даних для визначення структури та складу покладу. На їх основі в програмі Petrel створюється тривимірна модель та завантажується структурна карта родовища. Здійснюється оцифровка завантаженої карти.

Для оцифровки необхідно відкрити структурну карту у новому 2D вікні та задати параметри карти (висота, ширина і глибина). Для проведення ізоліній по лініям структурної карти родовища на вкладці Stratigraphy слід вибрати пункт Polygon editing і потім обвести лінії на структурній карті.

Отримані результати зображені на рис. 2

Після завершення редагування карти ізоліній задаються глибини ізоліній і отримане відображається в новому тривимірному вікні.

Отриманий результат показано на рис. 3.

На основі карти ізоліній покладу створюємо тривимірну модель: на вкладці Structural Modeling вибираємо пункт Make simple grid в якому задаємо покрівлю і підошву покладу.

Отриманий результат зображено на рис. 4.

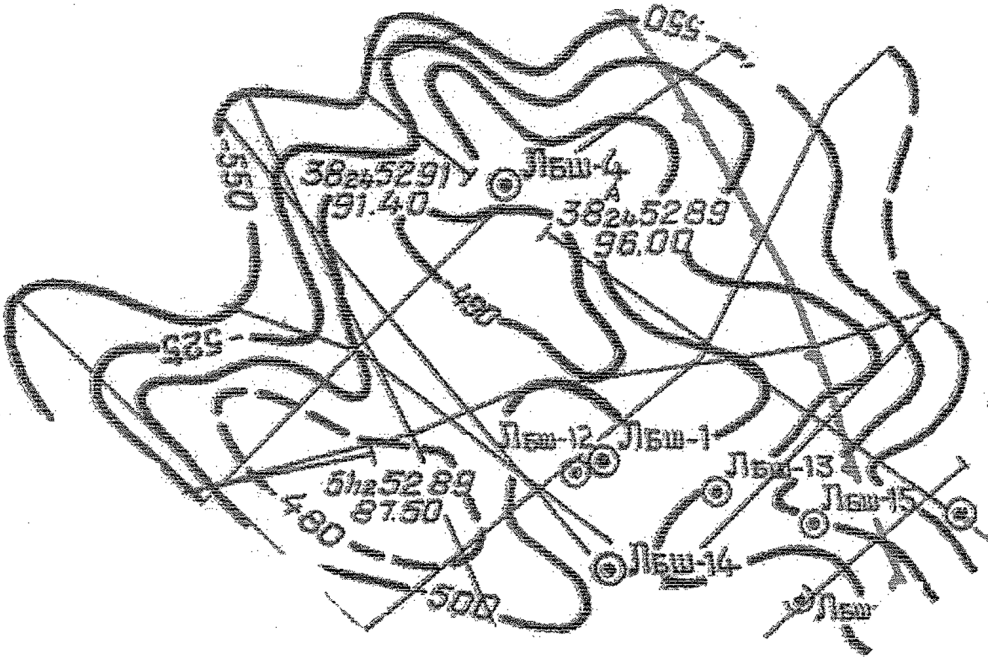


Рис. 1. Структурна карта покладу НД-11 Любещівського родовища

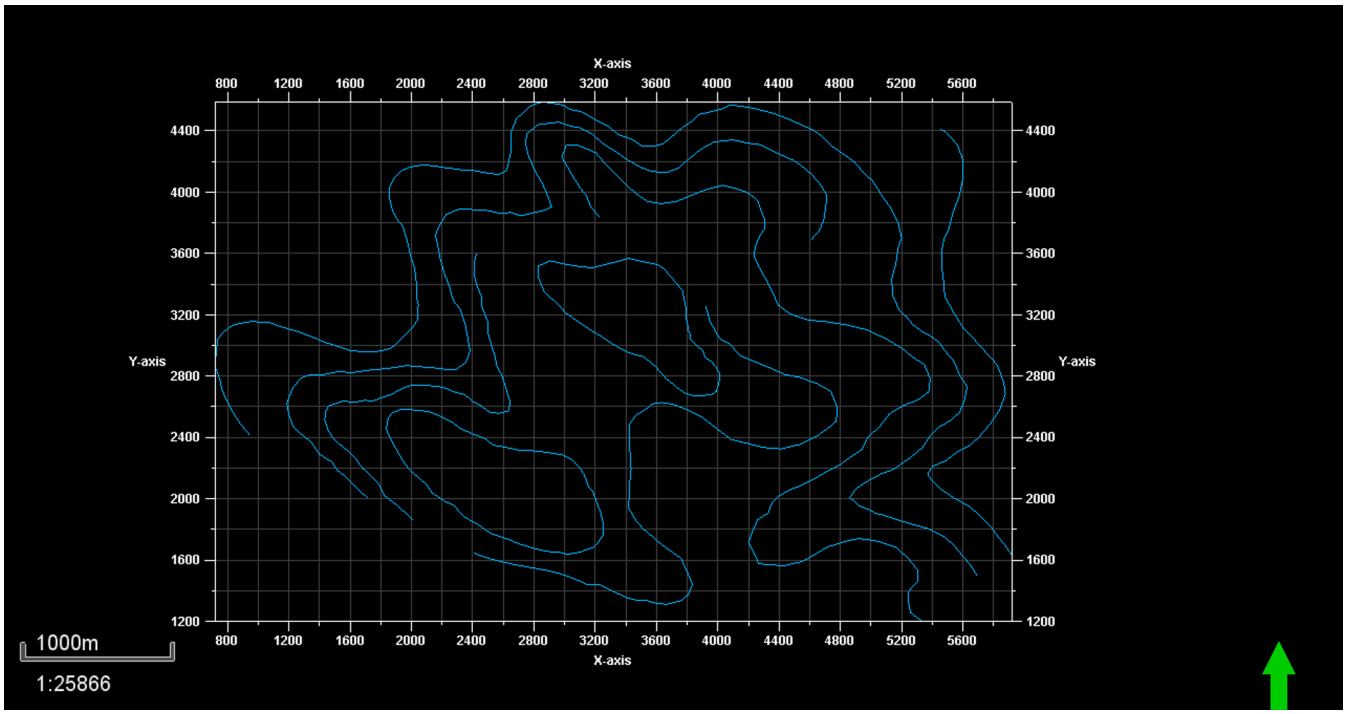


Рис. 2. Ізолінії структурної карти

Відповідно з зібраними геолого-технологічними даними поклад НД-11 знаходиться на глибині від 490 до 610 м [3]. Для наділення покладу основними параметрами необхідно створити шари покладу, тому у вкладці Structural Modeling вибираємо пункт Make zones та задаємо кількість шарів нашій моделі (в даному випадку 30 шарів).

Для повноцінності геологічної моделі їй потрібно додати петрофізичні параметри, а саме пористість, проникність та газонасиченість. Для цього вкладці Property Modeling знаходимо вікно Petrophysical modeling та задаємо пористість яка для покладу НД-11 коливається в межах від 16 до 26%. Для розподілення пористості по пласту ми використовуємо метод Гаусса, що в випадковому порядку розподіляє задану нами пористість. Отримані результати відображені на рис. 5.

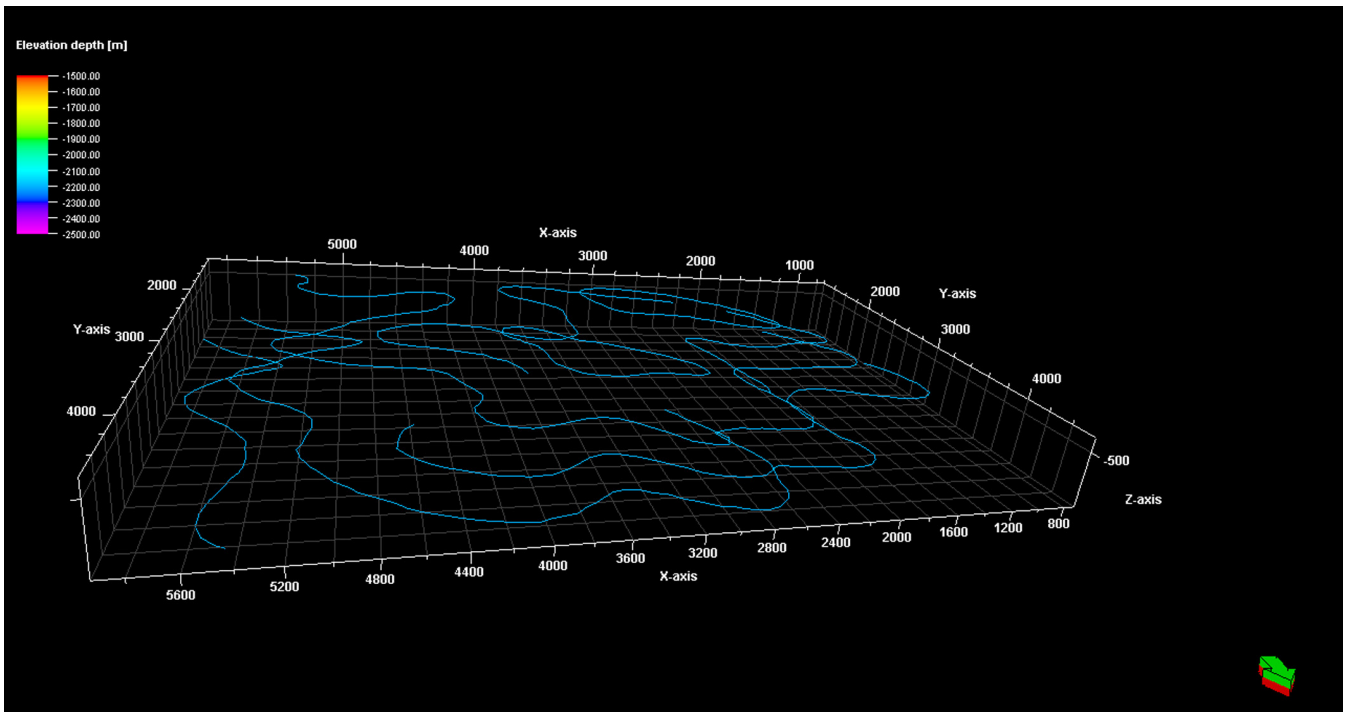


Рис. 3. Тривимірна карта ізоліній покладу

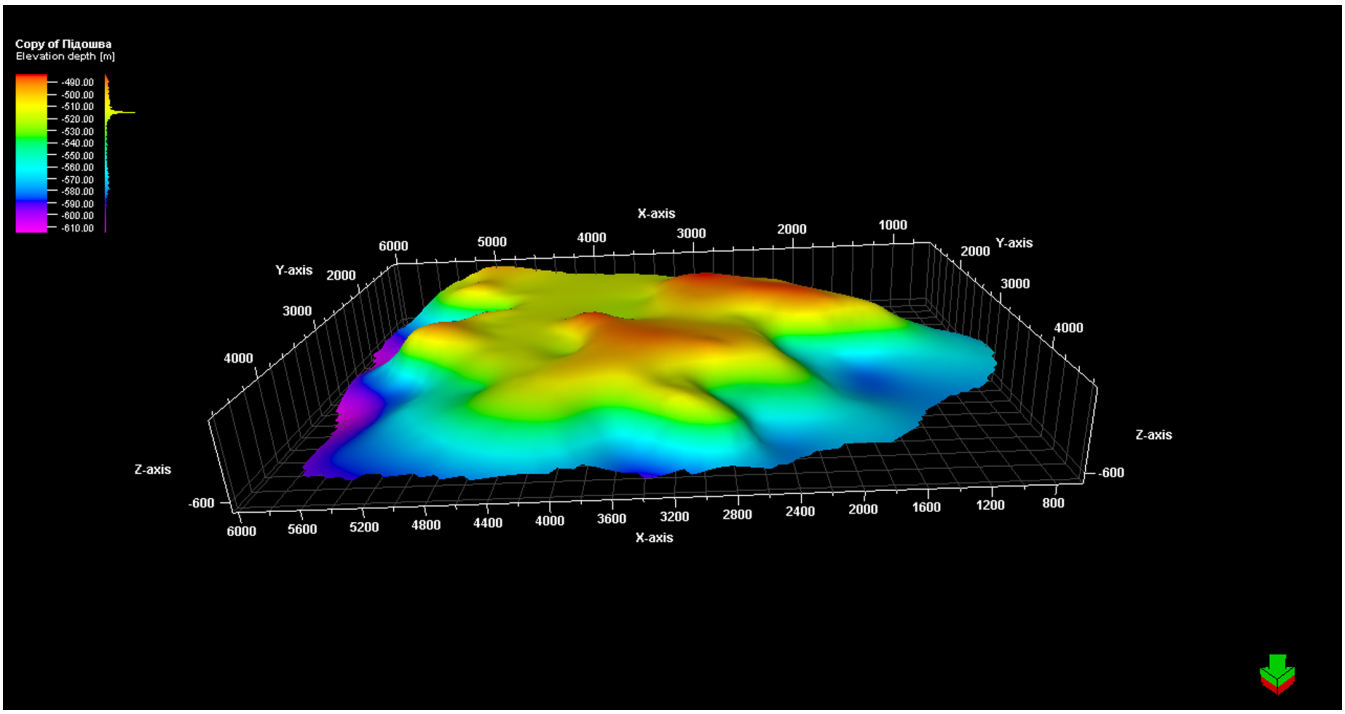


Рис. 4. Тривимірна модель поклад

Таким самим чином задаємо проникність і газонасиченість покладу. Отримані результати відображені на рис. 6 та 7 відповідно.

Нами була вибрана проникність від 1до 10 Д. Значення газонасиченості покладу коливається в діапазоні від 62,5 до 82,5%.

Оскільки в покладі наявні водоносні горизонти створюємо газоводяний контакт. Для цього на вкладці Property Modeling пункт Contacts і створюємо контакт над нашим газоносним горизонтом. ГВК зображений на рис. 8.

Після створення геологічної моделі покладу необхідно створити існуючі свердловини. На покладі НД-11 знаходиться 6 експлуатаційних свердловин Лбш-1, Лбш-4, Лбш-12, Лбш-13, Лбш-14, Лбш-15.

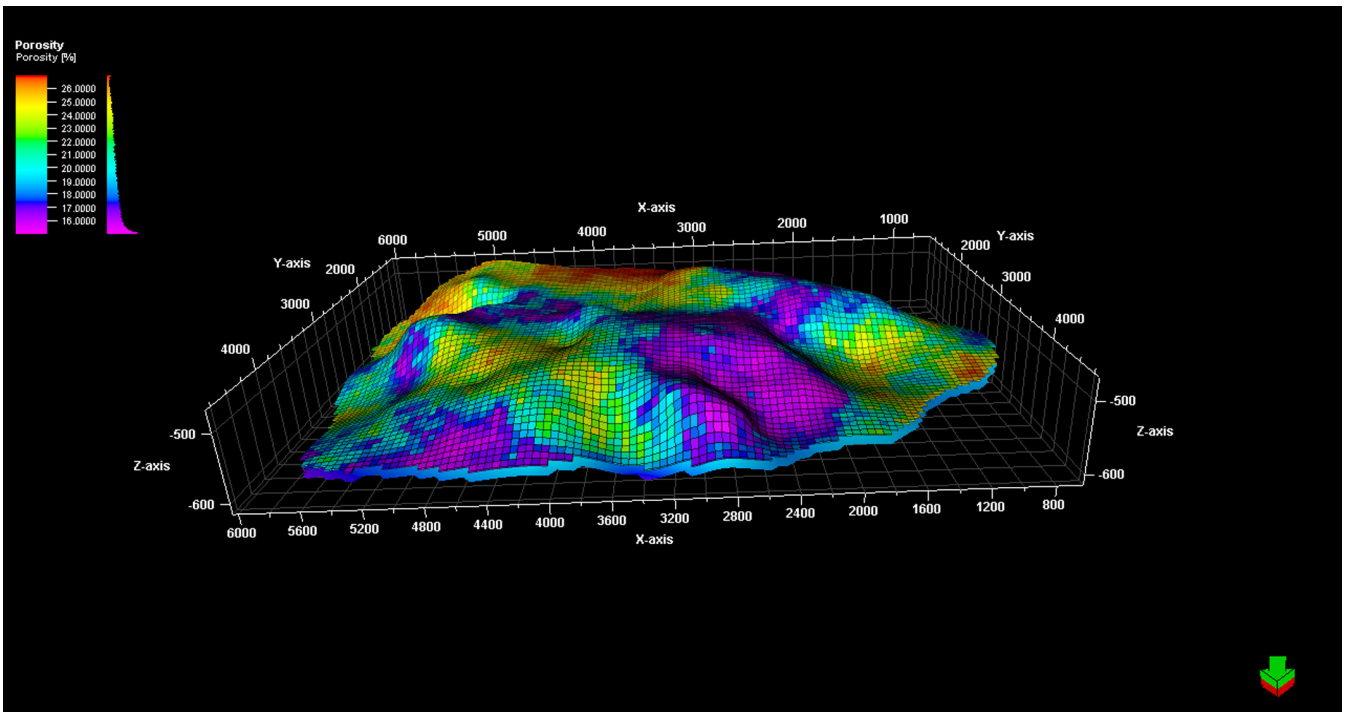


Рис. 5. Пористість за Гауссом

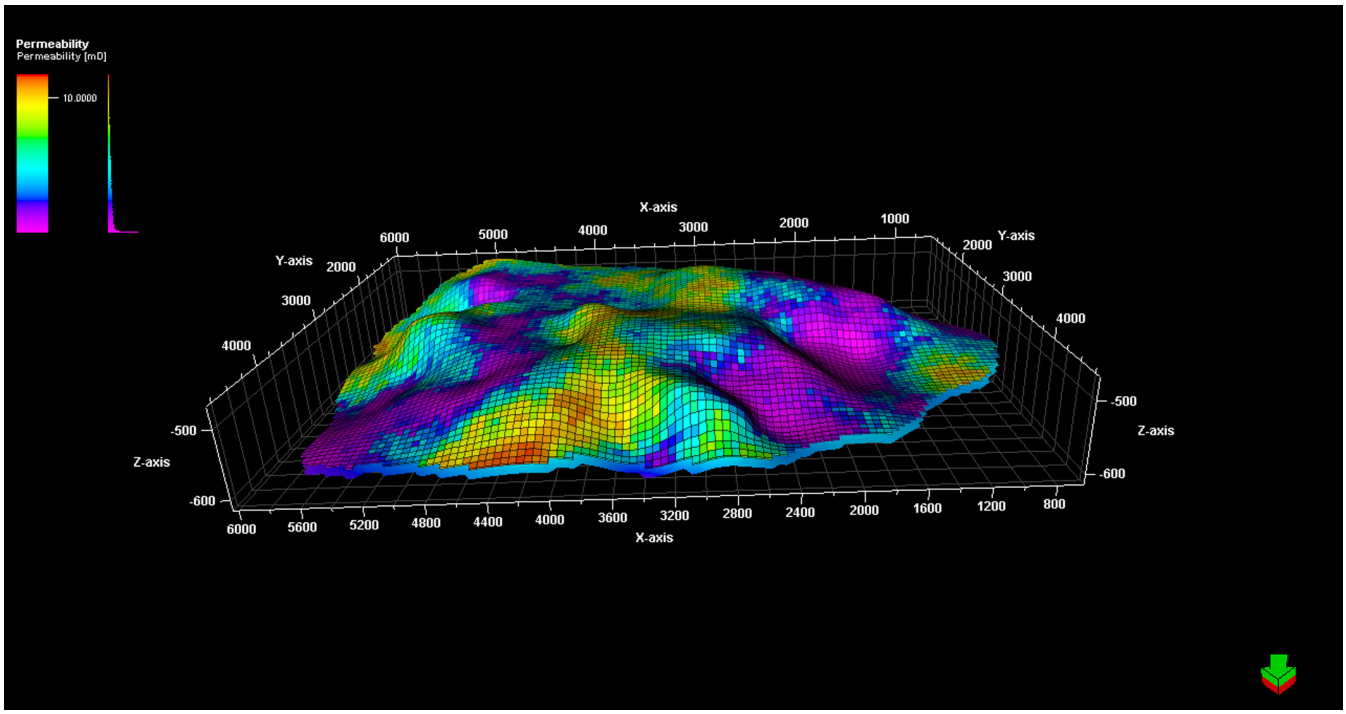


Рис. 6. Проникність покладу за Гауссом

Для створення свердловини у вкладці Well Engineering та відкриваємо функцію Add Well і додаємо існуючі експлуатаційні свердловини. Отримані свердловини відображаємо на нашому покладі як показано на рис. 9.

Наступним кроком в створенні свердловин є створення профілю існуючих свердловин. Профілі даних свердловин зображено на рис. 10.

Для вибору стратегії розробки покладу заходимо на вкладку Well Engineering, наступним кроком вибираємо Development strategy та створюємо нову стратегію розробки вже створеного нами покладу. Для даного випадку ми вибираємо стратегію з розробки свердловини на виснаження за для того, щоб визначити накопичені видобутки газу з родовища на протязі 20 років.

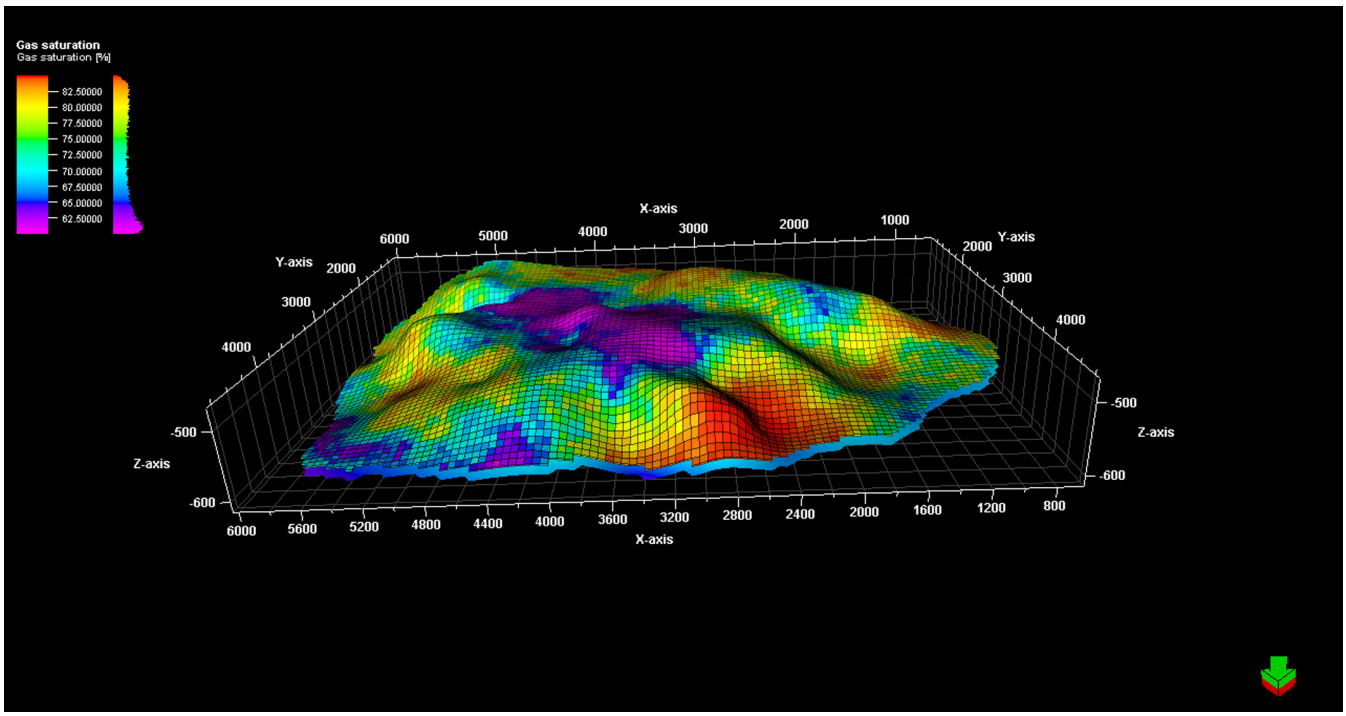


Рис. 7. Газонасиченість за Гауссом

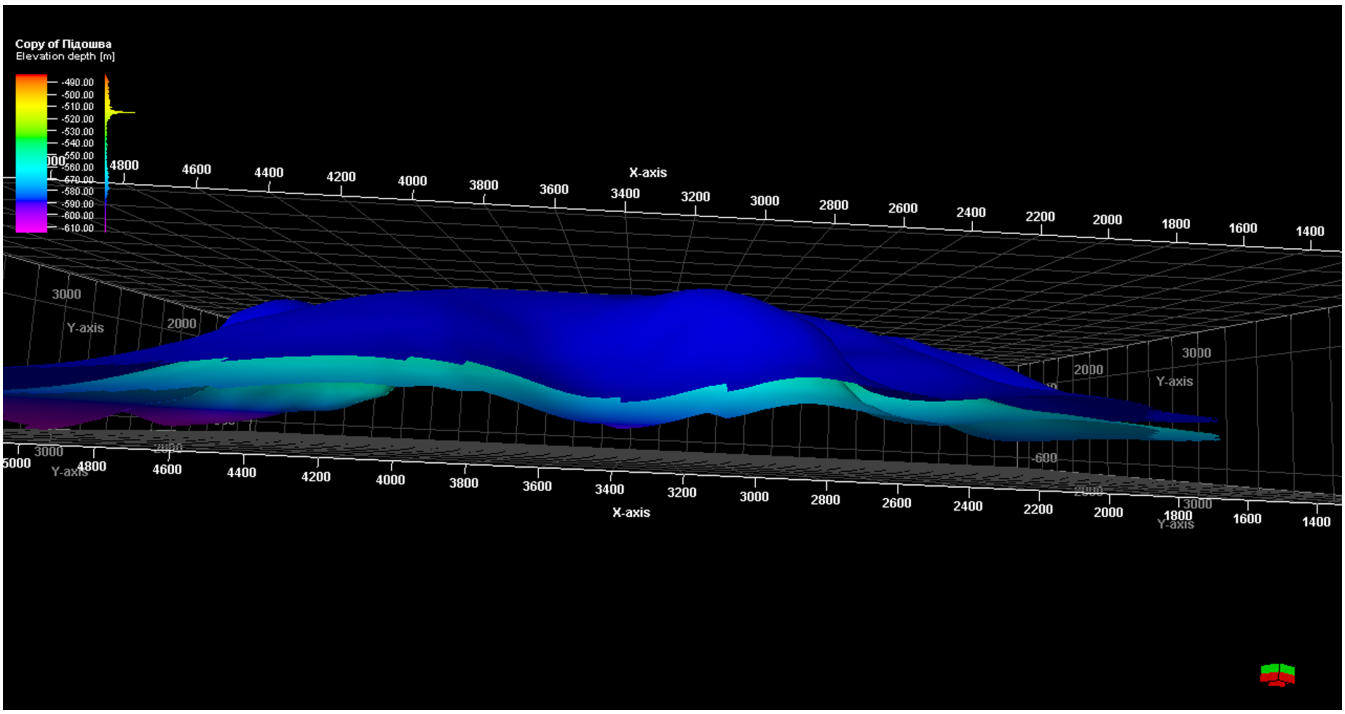


Рис. 8. Газоводний контакт

В папку додаємо Well folder існуючі і вже запроектовані нами експлуатаційні свердловини для подальшого використання в створенні симуляції. Задавши стратегію розробки покладу нам необхідно створити симуляцію у вкладці Simulation обираємо пункт Define simulation case.

Для цього в першому вікні необхідно вибрати вже задані нами основні параметри покладу в ході створення свердловини на покладі.

Наступним кроком переходимо на вкладку Functions та задаємо тип симуляції та обираємо модель чорної нафти адже в нашій системі є тільки два елементи (газ, вода). Задаємо позицію ГВК і переходимо до наступної вкладки.

Після цього переходимо на вкладку Strategies і задаємо вже створену нами стратегію розробки покладу.

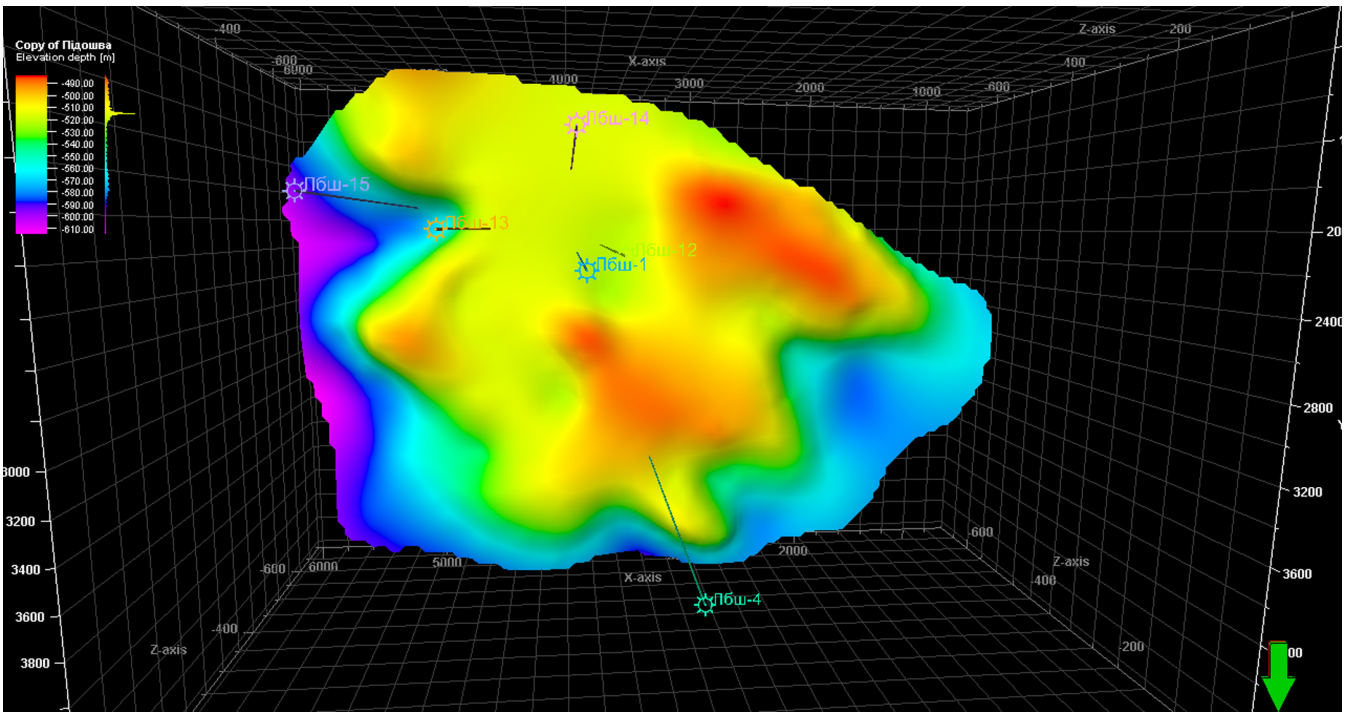


Рис. 9. Існуючі свердловини на покладі

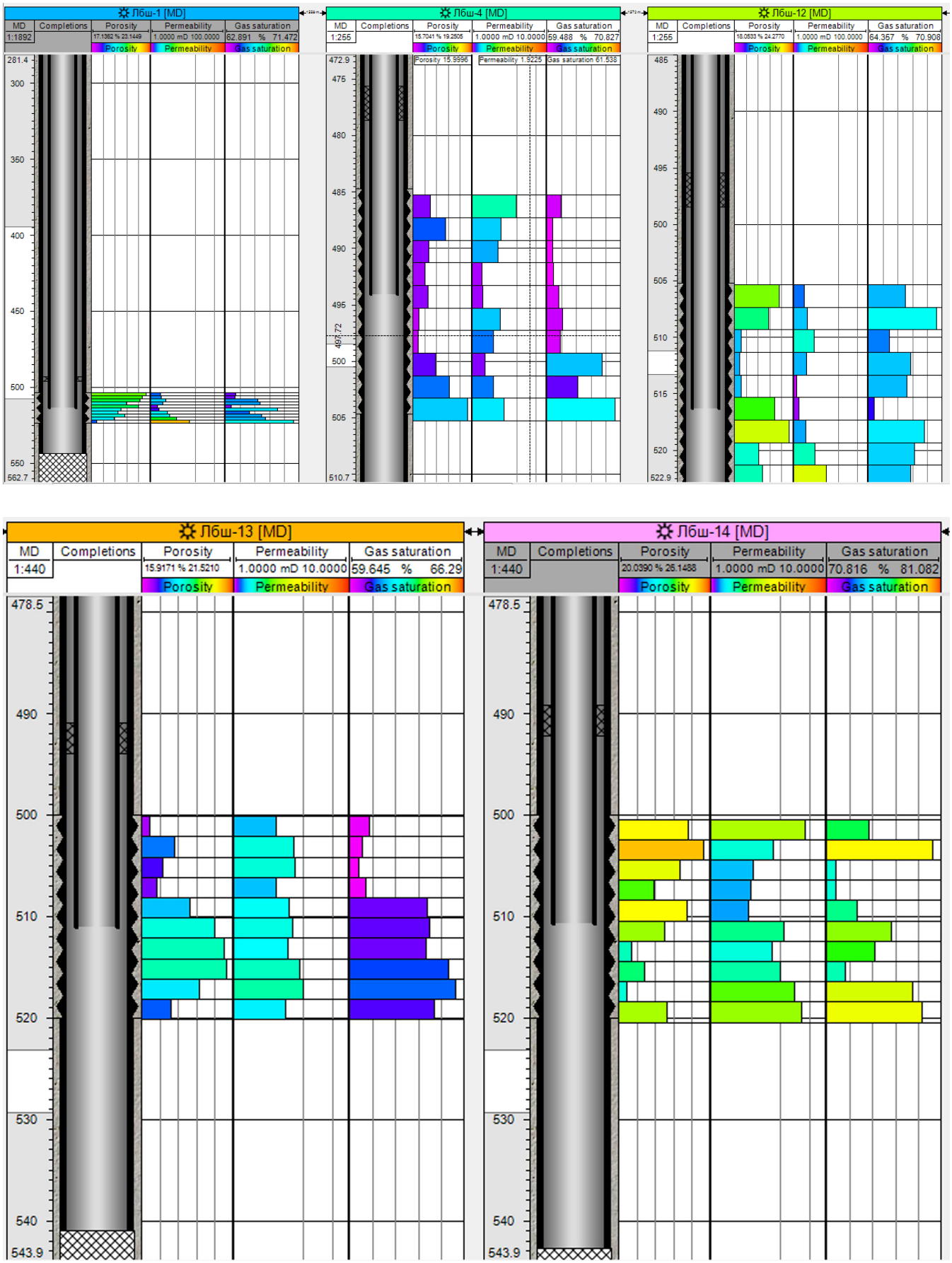


Рис. 10. Профілі існуючих експлуатаційних свердловин

Це дозволяє нам вибрати одну або декілька стратегій розробки покладу, в тому числі для різних свердловин і різних умов.

Завершальним етапом в створенні симуляції розробки даного покладу є вибір і виведення потрібних результатів симуляції. На цьому етапі основним завданням є видобуток з даного покладу газу.

На рис. зображений накопичений видобуток газу з вже існуючих свердловин Любешівського родовища.

Далі слід визначити місце з найбільшою залишковою газонасиченістю і змоделювати нову свердловину задля максимального вилучення газу з змодельованого покладу. Перш за все визначимо місце з найбільшою газонасиченістю.

Як бачимо найбільша газонасиченість припадає на точку з приблизними координатами $X = 2782$; $Y = 4346$.

Але в цій зоні гірша проникність колектору, що не дасть максимального припливу газу до свердловини, тому необхідно обрати оптимальне місцезнаходження свердловини. Обираємо місце з координатами $X = 2959.71$; $Y = 4384.03$; адже в ньому оптимально високі газонасиченість і проникність покладу.

Подальші кроки повторюємо як при створенні стратегії розробки покладу та створенні симуляції розробки покладу.

Отриманий результат накопиченого видобутку газу з нової свердловини показані на рис. 18.

Горизонтальне розкриття пласта забезпечує більший приплив газу до свердловини. На родовищах України буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин на родовищах України є досить складним техніко-технологічним завданням [8].

В даній роботі спробуємо змоделювати похилоскеровану свердловину свердловину в місці з координатами $X = 2959.71$; $Y = 4384.03$, в якому оптимально високі газонасиченість і проникність покладу.

На тривимірній моделі похилоскерована свердловина матиме такий вигляд.

Після проведення симуляції розробки ми отримаємо дані щодо видобутку газу з свердловини, що зображені на рис. 19.

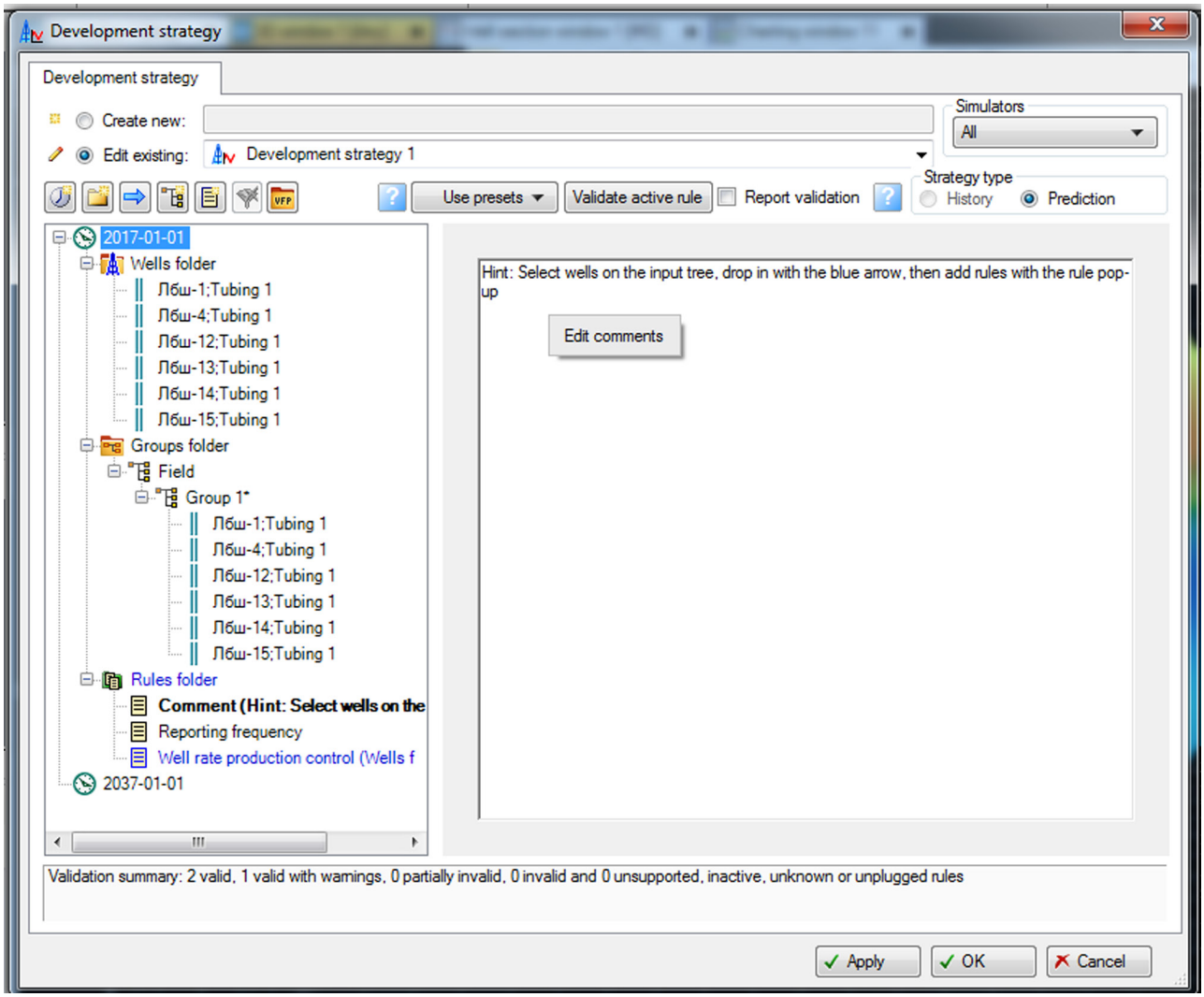


Рис. 11. Вибір стратегії розробки покладу

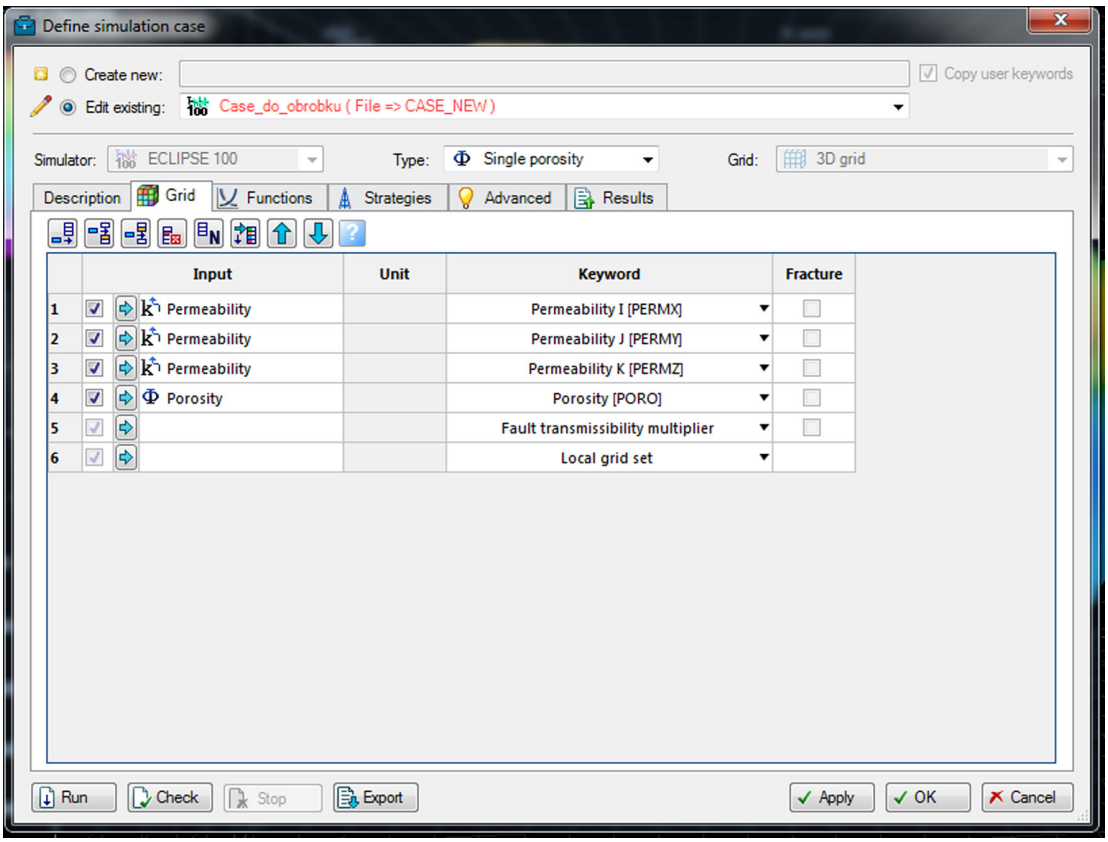


Рис. 12. Вибір параметрів симуляції

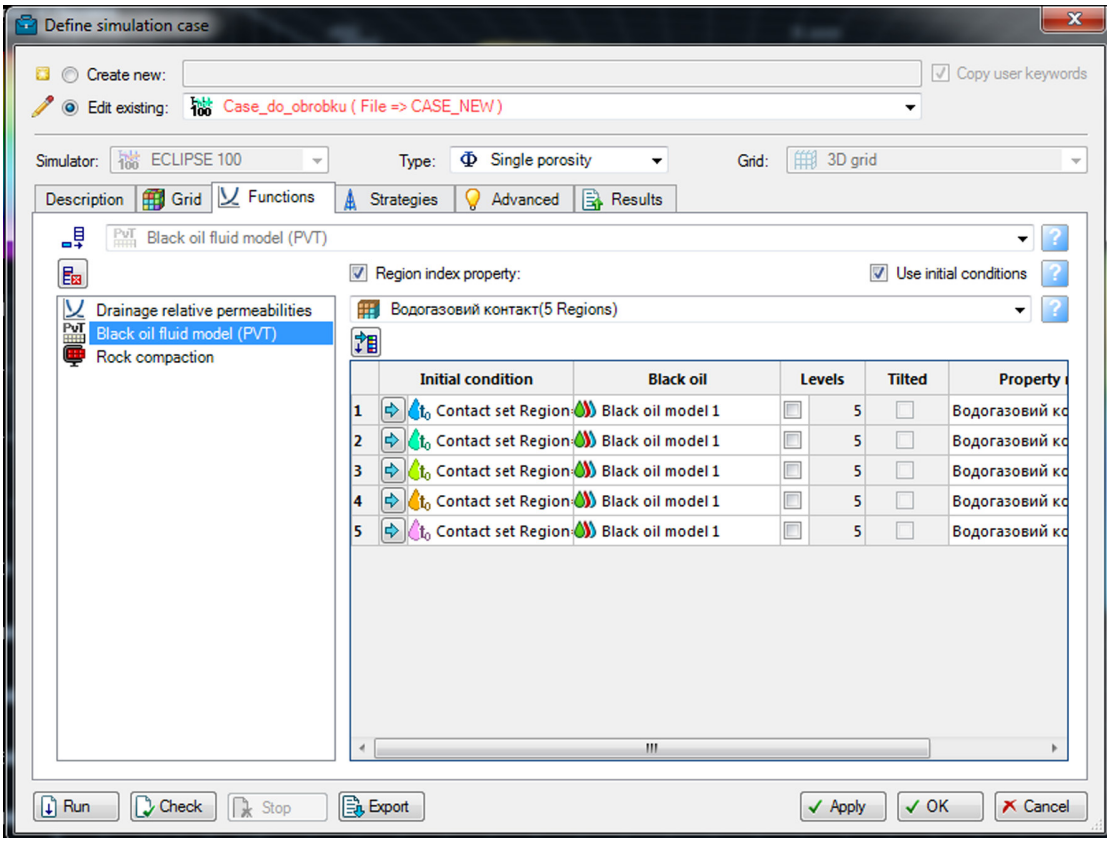


Рис. 13. Задання ГВК і типу моделі

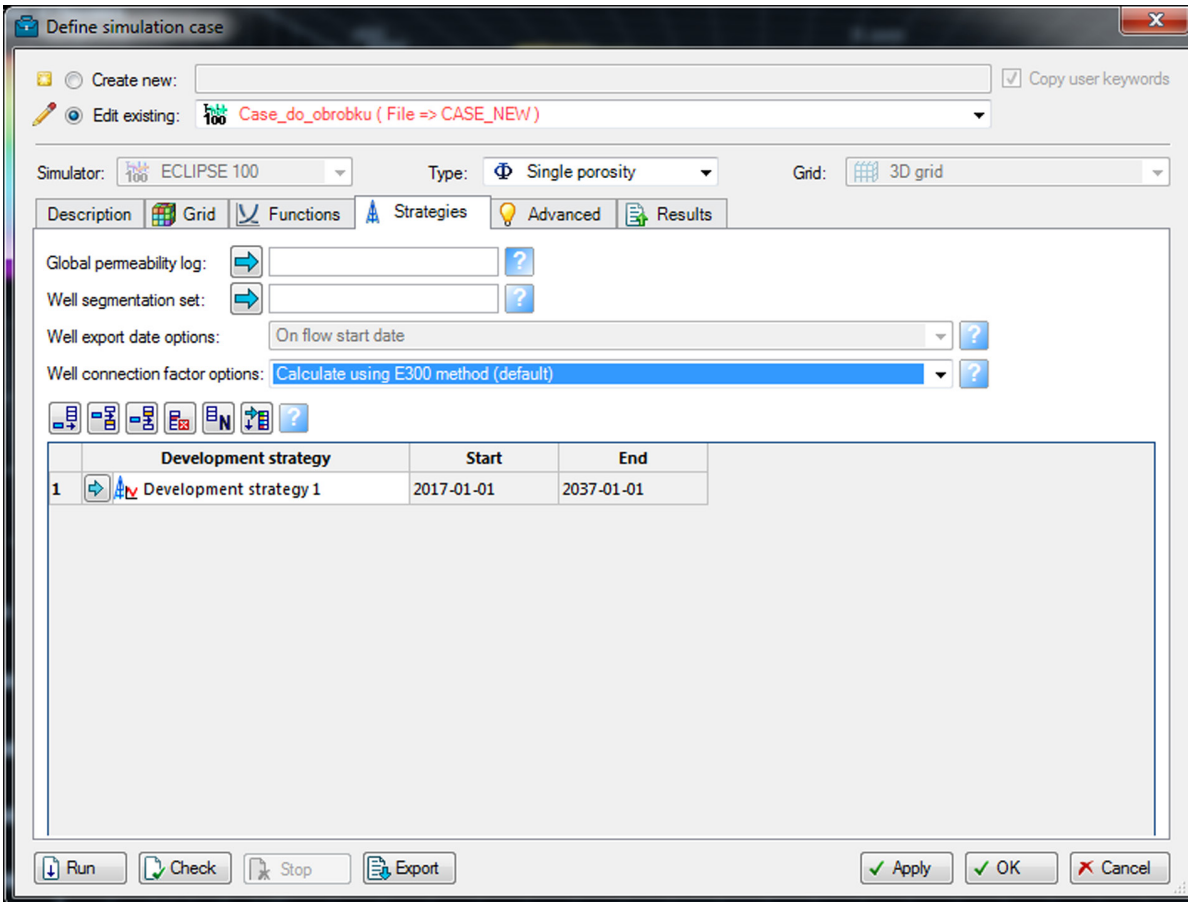


Рис. 14. Вибір стратегії розробки

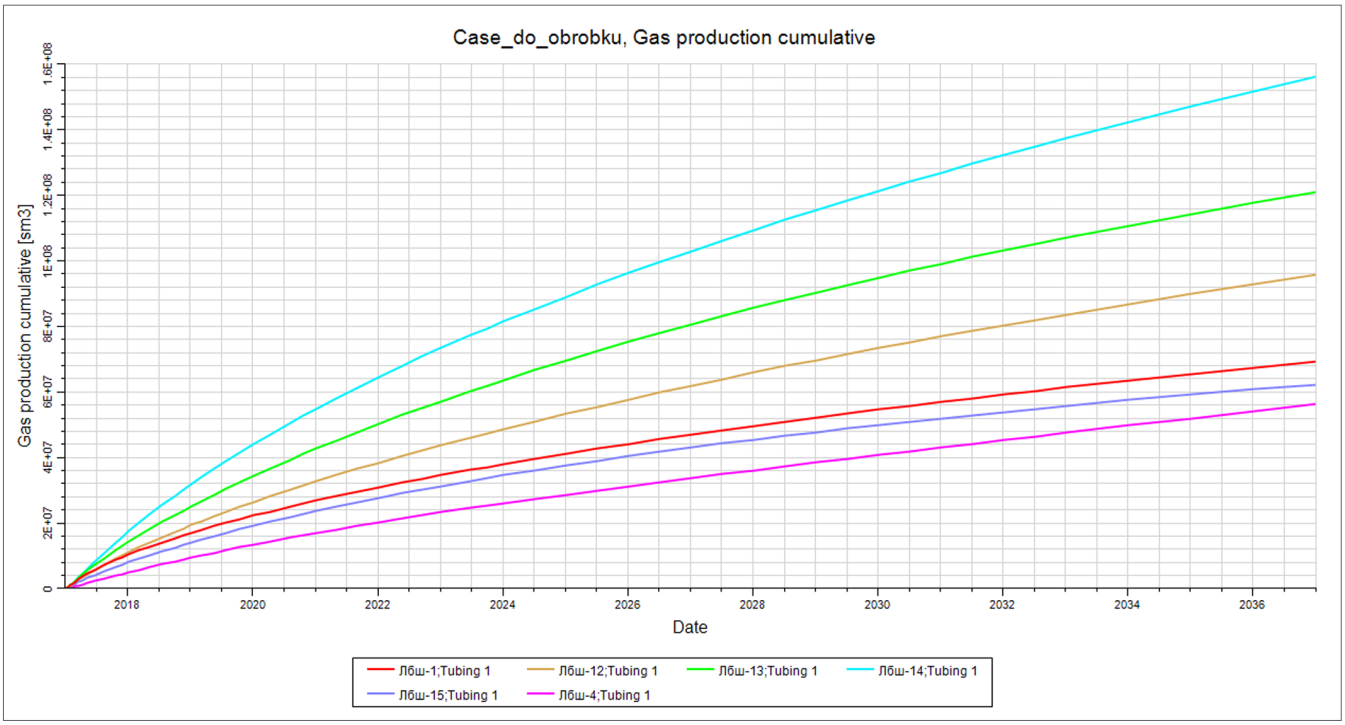


Рис. 15. Накопичений видобуток газу з існуючих свердловин

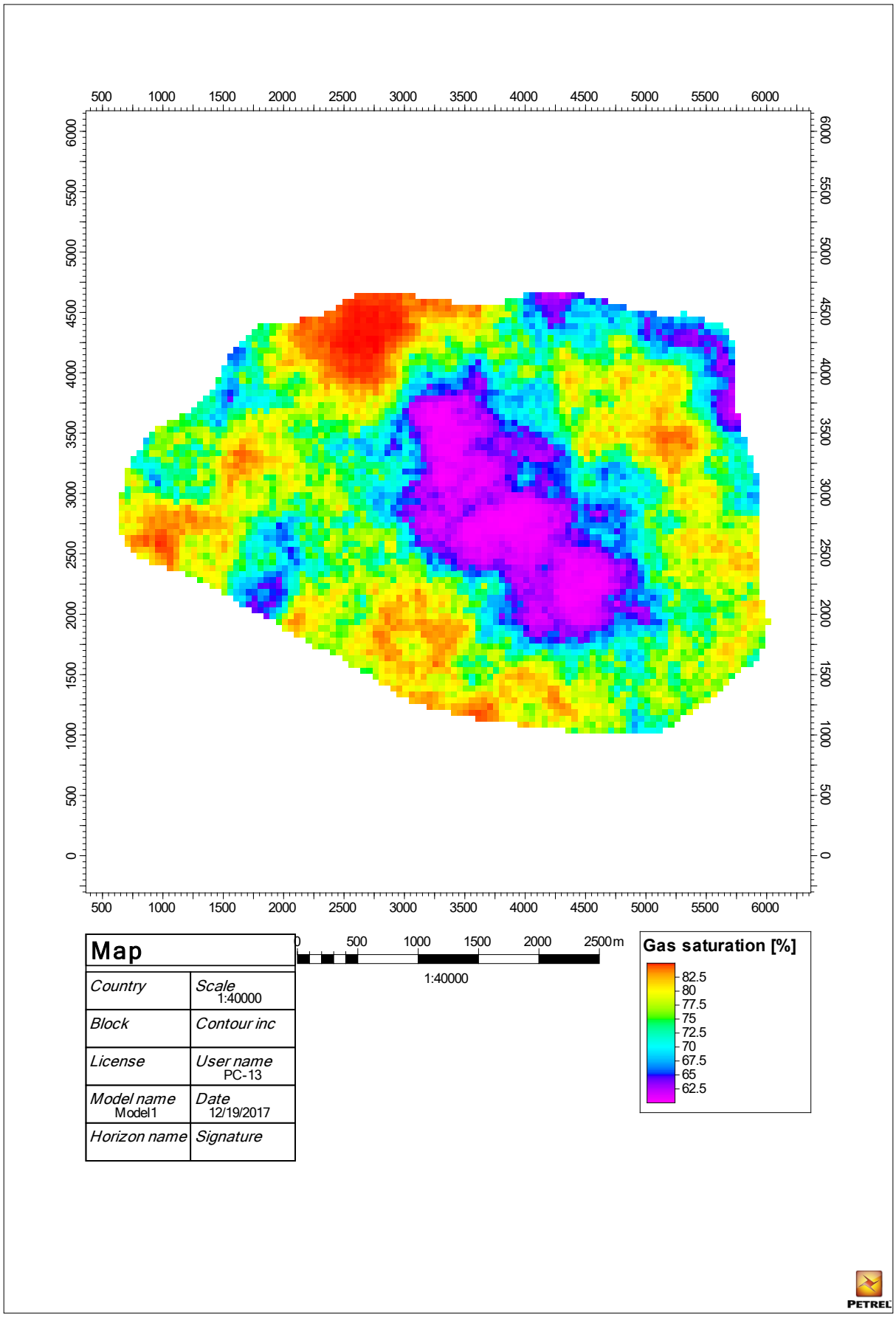


Рис. 16. Карта газонасиченості пласта

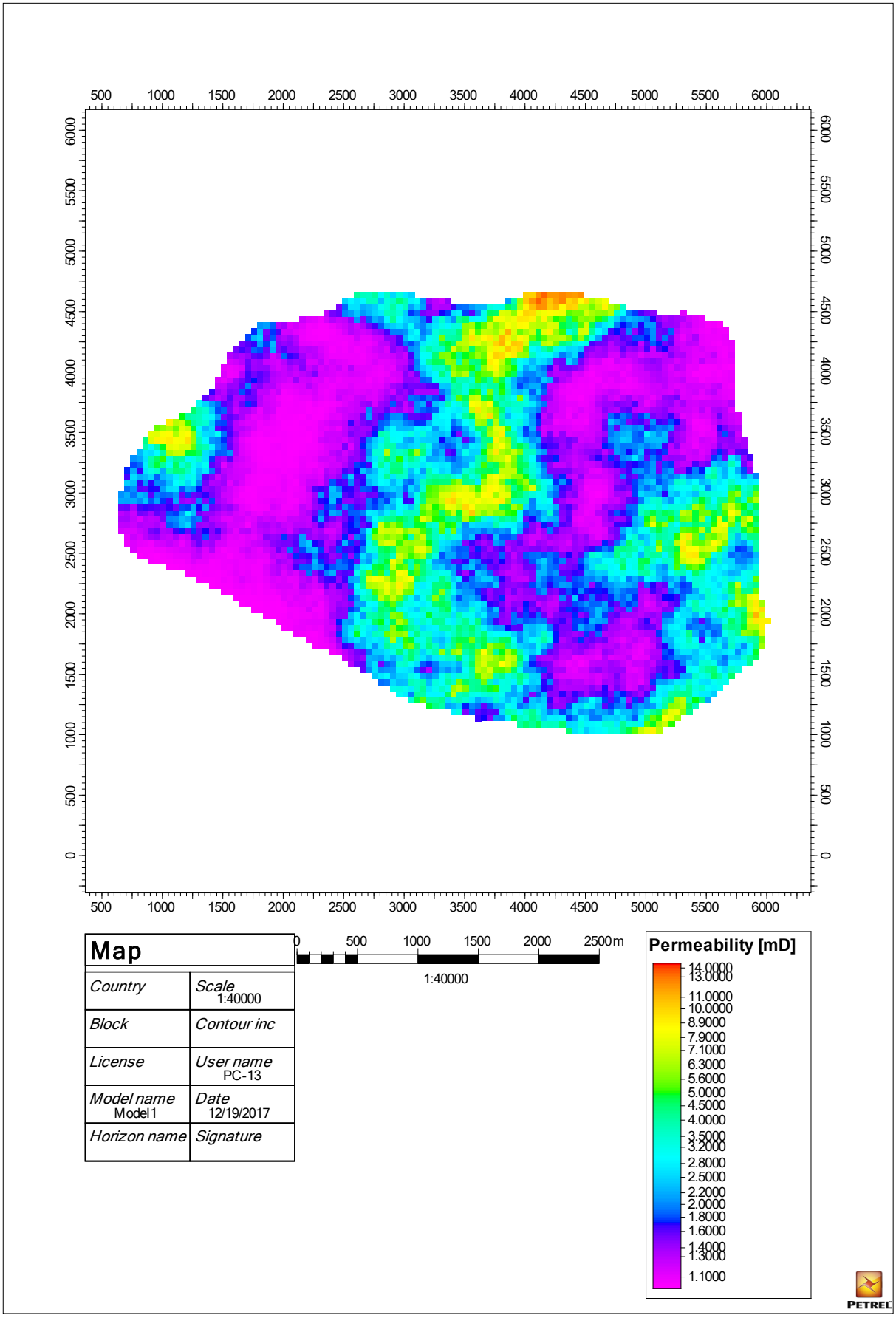


Рис. 17. Карта проникності пласта

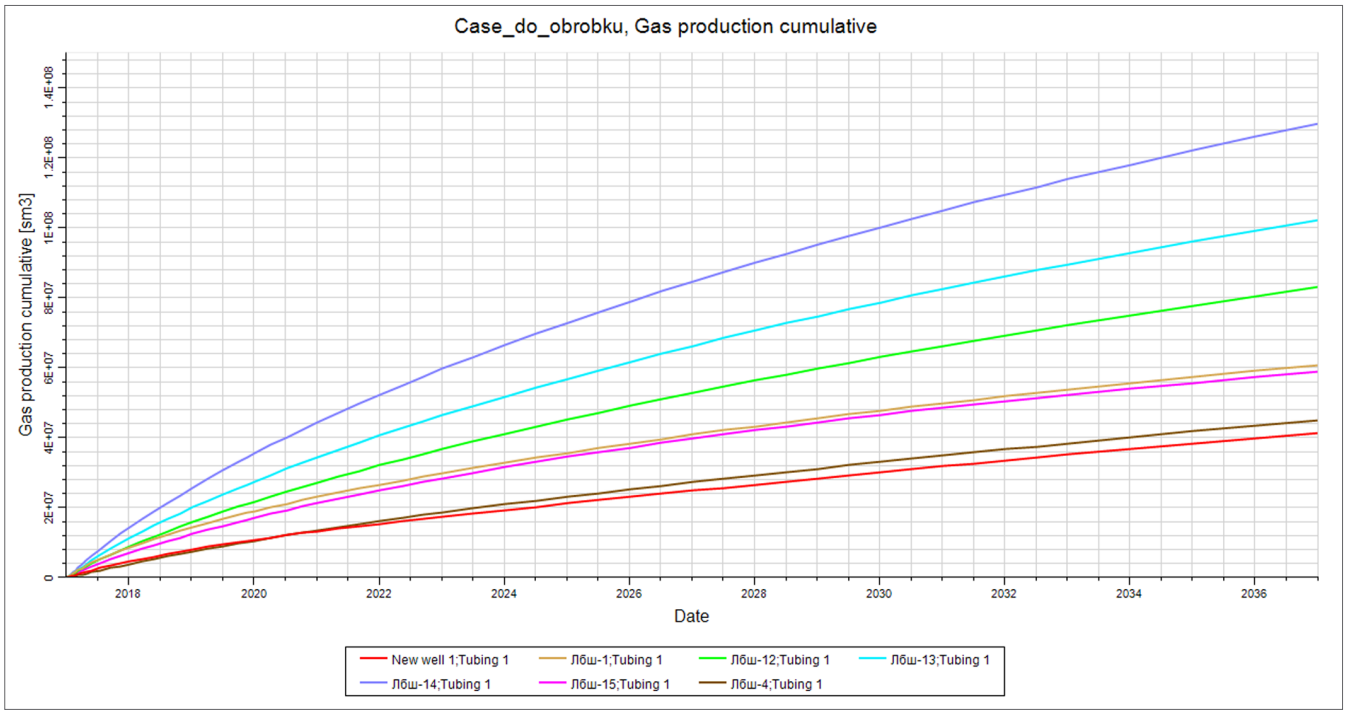


Рис. 18. Накопичений видобуток газу із змодельованої свердловини

Як видно з рис. 19 накопичений видобуток газу з змодельованої похилоскерованої свердловини значно більший, ніж з тої, яка була спроектована в під час визначення зони для створення оптимальної сверловини. Це означає, що в даному випадку горизонтальне розкриття пласта значно збільшить видобуток газу, та забезпечить краще винесення газу з породи — колектора.

Висновки. Використання програми Petrel для моделювання геологічних і інженерних параметрів газового родовища дозволяє отримати детальну та точну картину покладу, що забезпечує можливість більш ефективного планування розробки та оптимізації видобутку газу.

Моделювання в Petrel показало, що ключові параметри, такі як пористість, проникність, насичення

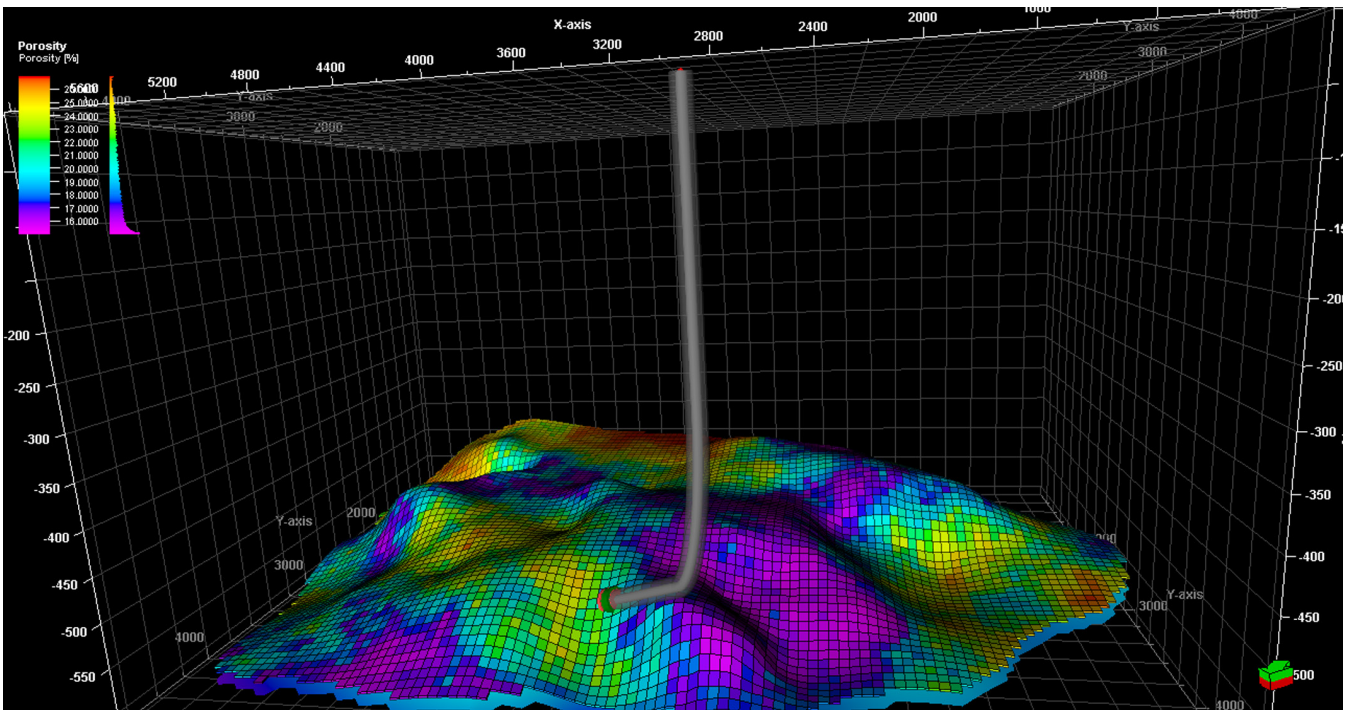


Рис. 19. Похилоскерована свердловина з горизонтальним розкриттям пласта

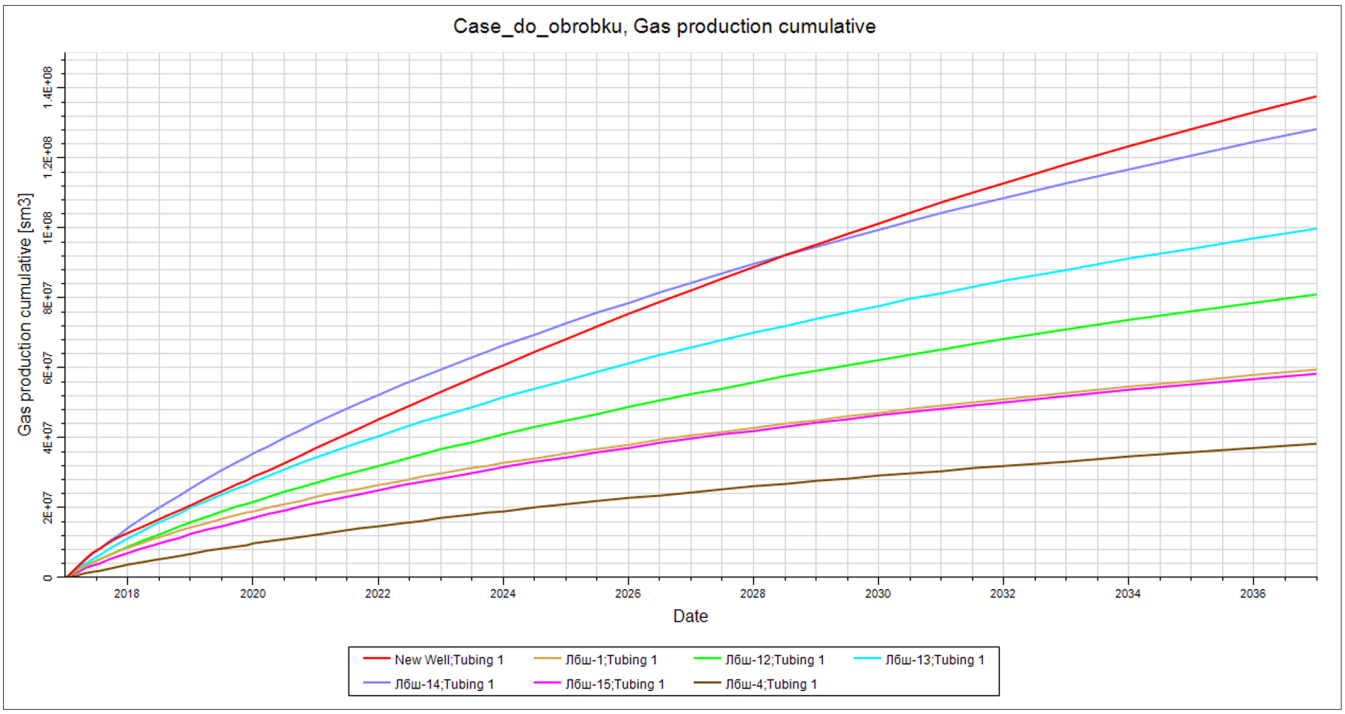


Рис. 20. Накопичений видобуток газу з похило скерованої свердловини

газом та структура покладу, суттєво впливають на ефективність газовилучення. Оптимізація цих параметрів є критично важливою для підвищення продуктивності родовища.

Результати симуляцій вказують на те, що впровадження різних методів підвищення газовилучення, таких як газовий закачування або зміна технології видобутку, може суттєво підвищити коефіцієнт відновлення газу.

Симуляція підтвердила, що гідродинамічні умови, такі як тиск і температура в покладі, впливають на ефективність газовилучення. Це підкреслює важливість регулярного моніторингу і коригування параметрів розробки відповідно до змін у покладі.

Для досягнення оптимальних результатів необхідно продовжити дослідження і вдосконалення моделей, зокрема, шляхом інтеграції нових даних і технологій, а також аналізу різних сценаріїв розробки.

Література

1. Акульшин О.І, Акульшин О.О., Бойко В, О., Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу: навч. пос. Івано-Франківськ : Факел, 2003. 434 с.

2. Бурачок О., Першин Д., Матківський С., Кондрат О. Дослідження межі застосування PVT-моделі «чорної нафти» для моделювання газоконденсатних покладів. Мінеральні ресурси України. 2020. № 2. С. 43–48. doi: https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.43-48.

3. Введенська М.М, Петровський Д.Л. Паспорт на Любешівське родовище структуру підготовлену до глибокого буріння на нафту і газ. Львів, 1994 р. Фонди ГПУ «Львівгазвидобування».

4. Година Ю.М. Проект пошукового буріння на Любешівскій площі. Львів, 1995. Фонди ГПУ «Львівгазвидобування». URL: http://info-neft.ru/index.php?action=full_article&id=471 (дата звернення: 01.08.2024).

5. Кондрат О.Р., Шишкіна Д.О. Підвищення конденсатовилучення з виснажених газоконденсатних родовищ. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2018. № 4. С. 23–36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rrngr_2018_4_4 (дата звернення: 01.08.2024).

6. Кунцяк Р.Я. Удосконалення технології буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин в нестійких породах (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини): дис. … канд. техн. наук: спец. 05.15.06 «Розробка нафтовх та газових родовищ». Івано-Франківськ, 2011. 173 с. С. 161–173. URL: https://www.library.nung.edu.ua/kuntsyak-roman-yaroslavovich.html (дата звернення: 01.08.2024).

7. Кунцяк Я.В, Кунцяк Р.Я. Особливості буріння горизонтальних сведлвин у зонах залягання нестійких гірських порід. *Науковий вісник ІФНТУНГ.* 2010. № 1(23). С. 38–46. URL: http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/2047/1/1068p.pdf (дата звернення: 01.08.2024).

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 Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Дінжос Роман Володимирович
доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Dinzhos Roman
Doctor of Technical Sciences, Professor
Vice-rector for scientific work Petro Mohyla Black Sea National University

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

Косева Нелі Стаянова
кандидат хімічних наук, професор
Лабораторія фосфоровмісних мономерів та полімерів
Інститут полімерів Болгарської академії наук
Koseva Neli
PhD, Professor
Laboratory of Phosphorus-Containing Monomers and Polymers
Institute of Polymers of the Bulgarian Academy of Sciences

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

Хміль Дмитро Петрович
доктор філософії, молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Khmil Dmytro
PhD, Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Федосенко Леонід Петрович
доктор технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Fedosenko Leonid
Doctor 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

Дашковська Ірина Леонідівна
молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Dashkovska Iryna
Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10182

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ 6 ПРИ ЙОГО НАПОВНЕНІ НАНОЧАСТИНКАМИ ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ

STUDY OF STRUCTURE FORMATION OF POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON POLYAMIDE 6 WHEN FILLED WITH SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES

Анотація. *На основі аналізу експериментально отриманих екзотерм кристалізації, виконано теоретичні дослідження з визначення механізмів стуктуроутворення полімерних нанокомпозитів «поліамідy 6 – діоксид кремнію» в широкому діапазоні зміни швидкості їх охолодження та вмісту наповнювача.*
Ключові слова: *структуроутворення, полімерні нанокомпозити, механізм кристалізації, діоксид кремнію.*

Summary. *Based on the analysis of experimentally obtained crystallization exotherms, theoretical studies were carried out to determine the mechanisms of structure formation of polymer nanocomposites «polyamide 6 – silicon dioxide» in a wide range of changes in their cooling rate and filler content.*
Key words: *structure formation, polymer nanocomposites, crystallization mechanism, silicon dioxide.*

Вступ. Високий рівень фізико-механічних властивостей нанокомпозитів зумовлює перспективність використання цих матеріалів для різних технічних застосувань. При цьому значний інтерес становлять дослідження властивостей полімерних нанокомпозитів і закономірностей їх структуроутворення.

Одна із важливих тенденцій дослідження характеристик і структуроутворення полімерних нанокомпозитів полягає в розширені номенклатури полімерних матриць і наповнювачів. В рамках даної роботи дослідженню підлягали нанокомпозити на основі поліаміду 6. Даний матеріал нарактеризується низкою

переваг таких як велика зносостійкість і міцність, відносно широкий діапазон робочих температур тощо.

Дослідженню процесів кристалізації різних полімерних нанокомпозитів присвячена значна кількість робіт (дивитись наприклад [1–8]). Однак у більшості цих робіт не розглядаються залежності процесу кристалізації від низки визначальних факторів, таких як швидкість охолодження з розплаву полімеру, концентрація наповнювачів тощо.

Мета роботи — виявлення особливостей структуроутворення полімерних нанокомпозиційних матеріалів на основі поліаміду 6, наповненого наночастинками діоксиду кремнію, в широкому діапазоні варіювання низки визначальних факторів.

При розрахунковому визначенні параметрів структуроутворення розгляду підлягали дві стадії процесу кристалізації — початкова стадія кристалізації (стадія нуклеації) і стадія кристалізації в усьому об'ємі нанокомпозиту. Розрахункова методика, її загальні положення висвітлені в [9].

На першій стадії кристалізації визначалися приведений транспортний бар'єр K_m та приведений параметр нуклеації a_m з використанням рівняння нуклеації.

При кристалізації в усьому об'ємі композиту, на другій стадії кристалізації, дослідження проводились виходячи з уявлень про наявність двох механізмів кристалоутворення. Перший механізм пов'язаний з кристалізацією на флуктуаціях густини полімеру і стосується кристалізації саме полімерної матриці. Другий з вказаних механізмів стосується кристалізації, центрами якої є наночастинки наповнювача діоксиду кремнію. Для опису та аналізу кінетики кристалізації застосовувалось модифіковане рівняння Колмогорова-Аврамі.

Параметри структуроутворення для нанокомпозитів, що розглядалися, визначалися на основі виконаних раніше експериментальних досліджень з побудови екзотерм кристалізації. Дані експериментів одержано при зміні швидкості охолодження від 0,5 К/хв до 20,0 К/хв та масової частки наповнювача від 0,2% до 4%.

В табл. 1 подаються результати розрахункових досліджень для першої стадії структуроутворення, одержані на основі рівняння нуклеації для двох значень параметра форми m (m = 1, m = 2). В табл. 1 прийнято такі позначення: a_1, a_2 — приведений параметр нуклеації, K_1, K_2 — приведений транспортний бар'єр; R_1, R_2 — коефіцієнт кореляції експериментальних і розрахункових даних.

Рис. 1 ілюструє характер зміни приведених параметрів нуклеації a_1 і a_2 в залежності від масової частки наповнювача для досліджуваних нанокомпозитів.

В таблиці 2 подаються дані розрахункових досліджень для стадії структуроутворення в об'ємі нанокомпозиту.

Як вже зазначалося, дослідження проводилися, виходячи з уявлень про наявність двох механізмів

Таблиця 1

Параметри структуроутворення на початковій стадії кристалізації полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповнених наночастинками SiO_2, при швидкості охолодження з розплаву V_t = 5 К/хв і різних вмістах наповнювачів ω

ω, %	a_1, К	K_1, 1/с	R_1	a_2, 10^{-6} К	K_2, 1/с	R_2
Поліамід 6						
0	0,168	0,425	0,9991	2,51	1,68	0,9996
Поліамід 6, наповнений наночастинками SiO_2						
0,2	0,202	0,380	0,9920	2,96	1,66	0,7791
0,3	0,256	0,349	0,9912	3,24	1,61	0,7825
1,0	0,284	0,327	0,9956	3,51	1,57	0,7821
4,0	0,312	0,305	0,9955	3,79	0,24	0,7832

Таблиця 2

Параметри структуроутворення на стадії кристалізації в об'ємі полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповнених наночастинками SiO_2, для різних швидкостей охолодження з розплаву V_t при вмісті наповнювача ω = 4%

V_t, К/хв	Рівняння Колмогорова-Аврамі			Модифіковане рівняння Колмогорова-Аврамі					
	n	K_n, 10^{-5} K^{-n}	$\chi^2 \cdot 10^{-5}$	f	n'	K'_n, 10^{-5} $K^{-n'}$	n''	K''_n, 10^{-5} $K^{-n''}$	$\chi^2 \cdot 10^5$
Поліамід 6, наповнений наночастинками SiO_2									
0,5	3,12	56	32	0,78	3,12	90	5,2	85	9
2	3,14	60	43	0,77	3,14	79	5,3	90	8
5	3,21	25	50	0,77	3,21	62	5,5	75	7
20	3,24	20	45	0,75	3,24	50	5,5	65	5

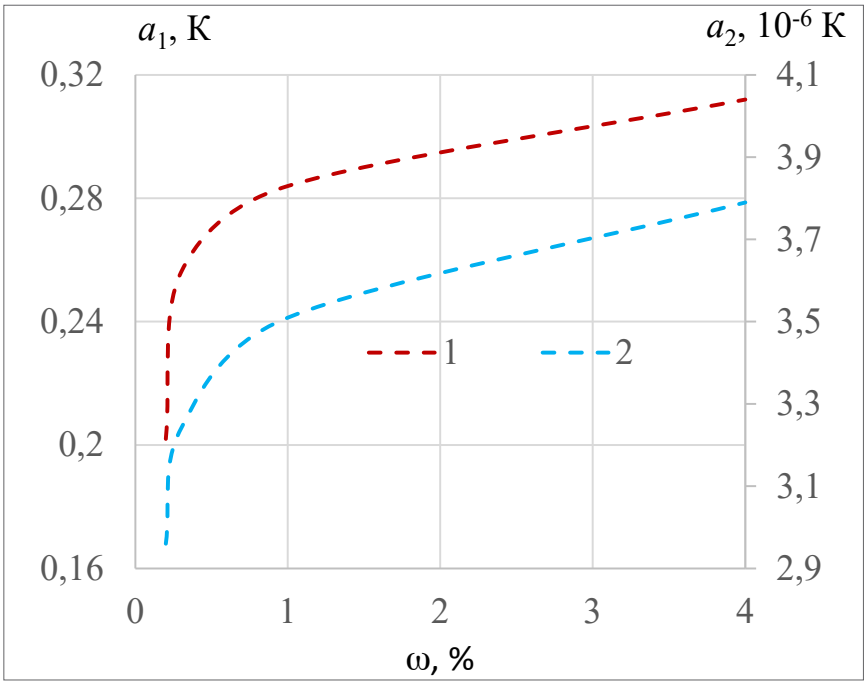


Рис. 1. Залежність від масової частки наповнювача ω приведених параметрів нуклеації a_1 і a_2 для полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповнених наночастинками SiO_2: 1 — параметр нуклеації a_1; 2 — параметр нуклеації a_2

кристалізації. В табл. 2 надрядкові індекси «′» і «″» відносять величини до першого і другого з цих механізмів. Величина f в табл. 2 позначає відносну частку механізму структуроутворення, пов'язаного з кристалізацією власне полімерної матриці, величина χ^2 — дисперсію.

На рис. 2 для прикладу наведено значення псевдопараметрів форми n', n'' для досліджуваних нанокомпозитів.

Дані, представлені на рис. 2 відповідають швидкості охолодження з розплаву V_t = 5 К/хв і масовій частці наповнювача ω = 4%.

Дослідження закономірностей структуроутворення композитів на першій стадії кристалізації (стадії нуклеації) потребує визначення таких двох основних зарактеристик як приведений транспортний бар'єр K_m та приведений параметр нуклеації a_m. Також аналізу підлягають розмірності кристалоутворення, що

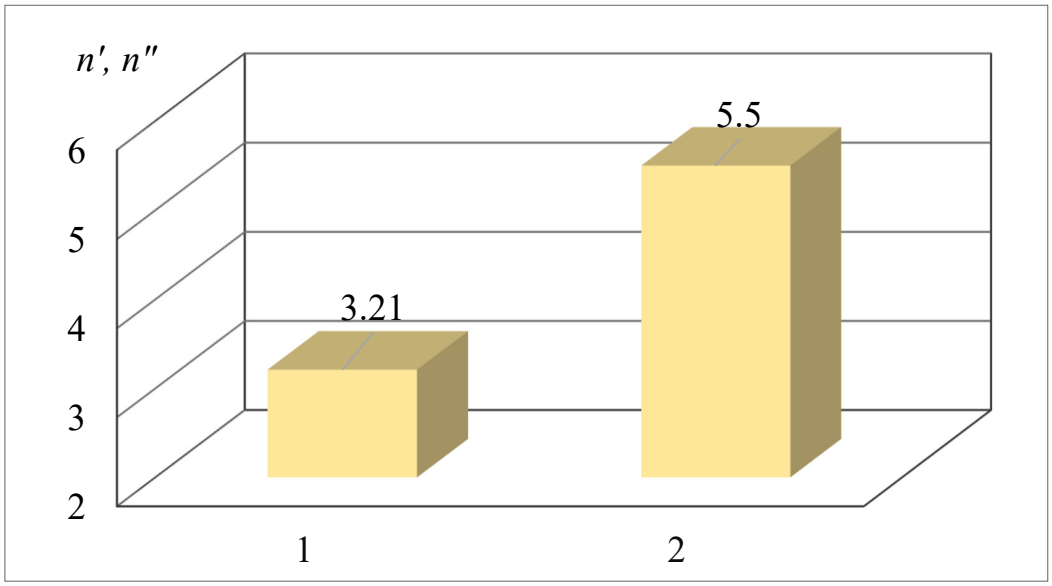


Рис. 2. Значення псевдопараметрів форми n', n'' для полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповненого наночастинками SiO_2, при вмісті наповнювача ω = 4% і швидкості охолодження з розплаву полімера V_t = 5 К/хв: 1 — псевдопараметр n'; 2 — псевдопараметр n''

пов'язані з параметром m. Наведені в табл. 1 результати свідчать про задовільне узгодження експериментальних та розрахункових даних. Як видно з табл. 1 коефіцієнт кореляції R_2 при $m = 2$ є суттєво меншим ніж відповідний коефіцієнт R_1 при $m = 1$. Згідно з наведеними даними мають місце два механізми структуроутворення на початковій стадії кристалізації композитів, що досліджуються: площинний, двовимірний ($m = 1$) і об'ємний, тривимірний, ($m = 2$). При цьому перевищення величини R_1 над R_2 вказує на деяке превалювання площинного механізму.

Зі зростанням вмісту наповнювача ω в нанокомпозиті, характер зміни приведеного параметра нуклеації a_m і приведеного транспортного бар'єра K_m, при $m = 1$ та $m = 2$ є схожим (табл. 1). Збільшення ω приводить до підвищення значень a_m і до зменшення величини K_m. Зростання a_m, як відомо, пов'язане зі збільшенням швидкості кристалізації на її початковій стадії, а зниження K_m — зі зменшенням обмежень щодо транспорту сегментів матриці через поверхню ламель-кристал. Також можна відмітити, що параметри нуклеації a_1 і a_2 для поліаміду 6 наповненого SiO_2 суттєво змінюється в області відносно низьких значень ω від 0,2% до 1%. Подальше зростання вмісту наповнювача спричиняє суттєво менший вплив на ці параметри.

На другій стадії кристалізації, кристалізації в об'ємі композиту, результати аналізувались в плані двох механізмів кристалоутворення. Перший пов'язується з кристалізацією саме полімерної матриці і реалізується на флуктуаціях густини полімеру (про що свідчить псевдопараметр форми $n' \approx 3$). Другий механізм стосується кристалізації, центрами якої є частинки наповнювача, SiO_2. Цей механізм є механізмом напруженої матриці.

Виконані дослідження розширюють коло полімерних нанокомпозитів, для яких виявлено закономірності їх структуроутворення. При цьому у вказаних дослідженнях встановлено залежності характеристик процесу структуроутворення нанокомпозитних матеріалів від таких факторів, як масова частка наповнювача та швидкість охолодження композиту.

Висновки. На основі результатів експериментів з побудови екзотерм кристалізації для нанокомпозитів на основі полімеру 6 наповненого наночастинками діоксиду кремнія встановлено закономірності структуроутворення на двох стадіях кристалізації — початковій (стадії нуклеації) і стадії кристалізації в усьому об'ємі композиту:

– для першої стадії кристалізації згідно з рівнянням нуклеації показано наявність двох механізмів кристалізації — площинного та об'ємного. При цьому встановлено, що має місце деяке превалювання площинного механізму над об'ємним;
– для другої стадії кристалізації виконано аналіз одержаних даних експериментальних досліджень в межах стандартного і модифікованого рівнянь Колмогорова-Аврамі. Встановлено, що на даній стадії кристалізації відбувається за двома механізмами. Перший з цих механізмів пов'язаний з кристалізацією власне полімерної матриці і реалізується на флуктуаціях густини полімеру. Другий механізм стосується кристалізації, центрами якої слугують частинки наповнювача. Показано, що перший з вказаних механізмів відповідає об'ємному механізму. Щодо другого механізму кристалізації, то для досліджуваних композитів має місце механізм напруженої матриці.

Література

1. 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. *Промислова теплотехніка.* 2018. 40, № 2, С. 5–11.

2. Фиалко Н. М., Динжос Р. В., Шеренковский Ю. В., Прокопов В. Г. Меранова Н. О., Навродская Р. А., Юрчук В. Л., Иваненко Г. В. Особенности процесса структурообразования нанокомпозитов на основе полиэтилена при его наполнении углеродными нанотрубками. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 6. С. 74–81.

3. Фіалко Н. М., Навродская Р.О, Дінжос Р. В., Шевчук С. І. Водогрійні конденсаційні теплоутилізатори із застосуванням нанокомпозиційних матеріалів для газоподавальних опалювальних котлів. *Науковий вісник НЛТУ.* 2018. 28, № 2. С. 124–128.

4. Фіалко Н. М., Дінжос Р. В., Косєва Н. С., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О., Навродська Р. О. Теплота кристалізації високотеплопровідних полімерних композитів на основі поліетилену при його наповненні мікрочастинками міді. *Теплофізика та теплоенергетика.* 2019. № 2. С. 19–26.

5. Дінжос Р. В., Лисенков Е. А., Фіалко Н. М., Клепко В. В. Вплив нанонаповнювача на механізм кристалізації систем на основі поліпропілену та аеросил. *Полімерний журнал. 2019. 41 (2). С. 116–122.*

6. 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 нанокомпозиційних матеріалів. Інститут технічної теплофізики НАН України. Миколаїв : СПД Румянцева Г. В., 2020. 142 с. (8,5 ум. арк.).

7. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Шевчук С.І., Меранова Н.О., Гнєдаш Г.О. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Інститут технічної теплофізики НАН України. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2020. 128 с. (7,5 ум. арк.).

8. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Структурообразование полимерных микро- и нанокомпозитов на основе поликарбоната в процессах их кристаллизации. *Промышленная теплотехника*. 2015. № 37(3). С. 5–15.

9. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Establishing patterns in the effect of temperature regime when manufacturing 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.

10. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Al**o**shko S., Izvorska D., Korzhyk V., Laz**a**renko M., Mankus I., Nedbaievska 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 (114). P. 34–39. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274.

11. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii J., Meranova N., Prokopov V., Babak V., Korzhyk V., Izvorska D., Lazarenko M., Makhrovskyi V. Influence on the thermophysical properties of nanocomposites of the duration of mixing of components in the polymer melt. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Applied physics. 2022. Vol. 2 No. 5 (116). P. 25–30. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255830.

12. Hnatiuk K.I., Lazarenko M.M., Alekseev S.A., Razghonova K.S., Yablochkova K.S., Dinzhos R.V., Fialko N.M., Lazarenko M.V., Alekseev A.N. Investigation of relaxation processes and phase transitions in the silica gel-undecylenic acid system using IR spectra in a wide temperature range. *Molecular Crystals and Liquid Crystals.* 2022. P. 1–10. doi: https://doi.org/10.1080/15421406.2022.2066800.

13. Sobchuk A.O., Lazarenko M.M., Yablochkova K.S., Dinzhos R.V., Fialko N.M., Lazarenko M.V., Andrusenko D.A., Gryn S.V., Brytan A.V., Alekseev A.M. Effects of molecular structure on the dielectric relaxation of substituted cellulose derivatives. *Molecular Crystals and Liquid Crystals.* 2022. № 5/4 P. 1–12. doi: https://doi.org/10.1080/15421406.2022.2073535.

14. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Babak V., Korzhyk V., Lazarenko M., Polozenko N., Parkhomenko O., Makhrovskyi V. Establishing the influence of the type of micro- and nanofillers on the thermophysical properties of highly heat conductive polymer composites based on polyamide 6. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 4 (5 (118)). P. 15–20. *doi:* https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263417.

15. Fialko N., Dinzhos R., Meranova N., Sherenkovskii J., Polozenko N. Thermophysical properties of polymer micro- and nanocomposites when they are obtained by different methods. Theoretical foundations in research in Engineering: collective monograph. Andrushchak I. — etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2022. 181 p. URL: https://isg-konf.com/theoretical-foundations-in-research-in-engineering/; Розділ 5.1. P. 61–69. (0,92 ум.арк.). doi: https://doi.org/10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.3.5.1.

16. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О. Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозитів та їх зв'язок зі структурними характеристиками полімерної матриці. *Теплофізика та теплоенергетика.* 2022. № 3. С. 33–42. doi: https://doi.org//10.31472/ttpe.3.2022.4.

17. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Альошко С.О., Кутняк О.М., Пархоменко О.Ю. Залежність теплопровідності полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів на основі полікарбонату від масової частки наповнювача. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 6(125). С. 60–64. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8053.

18. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Кутняк О.М., Альошко С.О., Пархоменко О.Ю. Дослідження залежності густини нанокомпозитів від тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 6(125). С. 56–59. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8045.

19. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Альошко С.О., Кутняк О.М., Махровський В.М. Особливості кристалізації полімерних композитів, наповнених мікрочастинками алюмінію. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 8(127). С. 61–65. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-8-8110.

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 Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Дінжос Роман Володимирович
доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Dinzhos Roman
Doctor of Technical Sciences, Professor
Vice-rector for scientific work Petro Mohyla Black Sea National University

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

Косева Нелі Стаянова
кандидат хімічних наук, професор
Лабораторія фосфоровмісних мономерів та полімерів
Інститут полімерів Болгарської академії наук
Koseva Neli
PhD, Professor
Laboratory of Phosphorus-Containing Monomers and Polymers
Institute of Polymers of the Bulgarian Academy of Sciences

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

Хміль Дмитро Петрович
доктор філософії, молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Khmil Dmytro
PhD, Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Федосенко Леонід Петрович
доктор технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Fedosenko Leonid
Doctor 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

Дашковська Ірина Леонідівна
молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Dashkovska Iryna
Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10182

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЕКЗОТЕРМ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ «ПОЛІАМІД 6-ДІОКСИД КРЕМНІЮ»

EXPERIMENTAL OBTAINING CRYSTALLIZATION EXOTHERMS FOR NANOCOMPOSITES BASED ON POLYAMIDE 6 FILLED WITH SILICON DIOXIDE MICROPARTICLES

Анотація. *Виконано експериментальні дослідження щодо отримання екзотерм кристалізаціїї для полімерних нанокомпозитів на основі поліамідy 6 наповненого наночастинками діоксиду кремнію. Виявлено ефекти впливу на характеристики процесу кристалізації таких факторів, як масова частка наповнювача та швидкість охолодження композиту.*
Ключові слова: *поліамід 6, наночастинки діоксиду кремнію, полімерні нанокомпозити.*

Summary. *Experimental studies have been conducted to obtain crystallization exotherms for polymer nanocomposites based on polyamide 6 filled with silicon dioxide nanoparticles. The effects of such factors as filler mass fraction and cooling rate of composites on the crystallization process characteristics have been identified.*
Key words: *polyamide 6, silicon dioxide nanoparticles, polymer nanocomposites.*

Вступ. В останні роки полімерні мікро- та нанокомпозити набувають все більш широкого використання в енергетиці, наноелектроніці, машинобудуванні, авіаційній та оборонній промисловості тощо, за рахунок їх унікальних характеристик, таких як мала густина, висока електропровідність, термічна та корозійна стійкість. Це зумовлює актуальність дослідження теплофізичних властивостей та структури полімерних мікро і нанокомпозитів [1–20]. Використання полімерних композитів потребує великого обсягу знань, які стосуються теплофізичних властивостей. Полімерні мікро- та нанокомпозити складаються з різних матриць та наповнювачів. До однієї із таких матриць належить поліамід 6. Цей полімер володіє високою міцністю і підвищеною стійкістю до зносу та має широкий діапазон робочих

температур, що забезпечує підвищену довговічність, надійність та зниження масогабаритних характеристик деталей з даних матеріалів.

В даній статті застосовувалась експериментальна методика аналізу процесів кристалізації. Експериментальні дослідження полягали у побудові екзотерм кристалізації досліджуваних композиційних матеріалів при варіюванні низки визначальних параметрів.

Для одержання полімерних нанокомпозитів використовувався метод, який базується на змішуванні компонентів у розплаві полімеру із застосуванням дискового екструдера. Опис даного методу та принципова схема екструдера наводиться в [21].

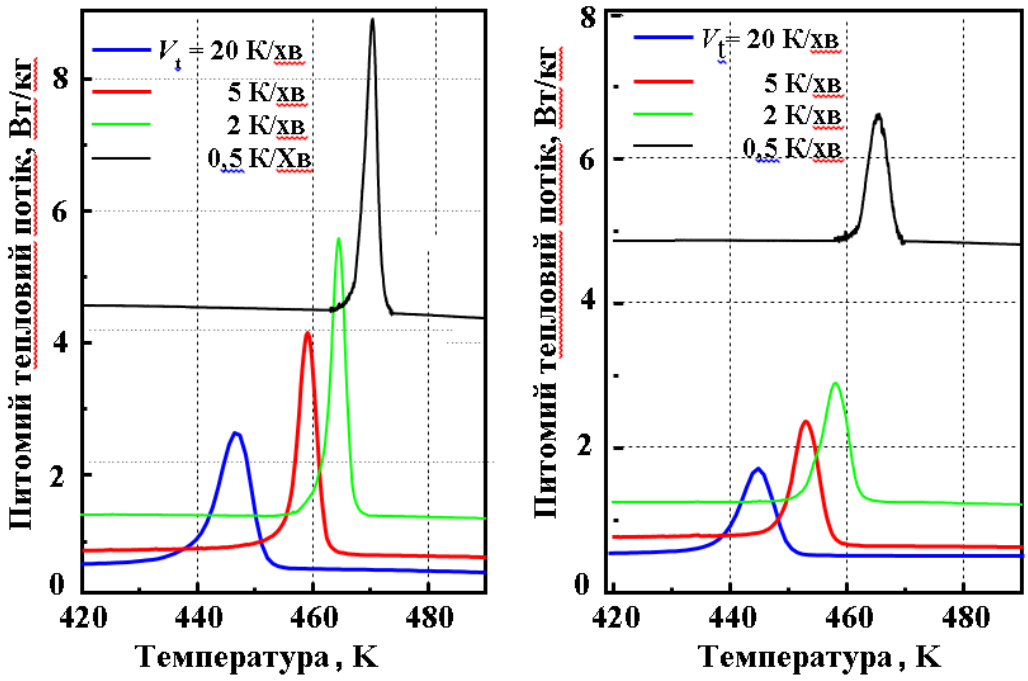
Побудова експериментальних екзотерм кристалізації нанокомпозиту при їх охолодженні з розплаву, здійснювалась у такий спосіб. Зразок, розміщений у комірці нагрівався до температури, яка перевищує температуру плавлення полімеру на 50 К, витримувався при даній температурі протягом 180 с і далі охолоджувався при заданій швидкості його охолодження. Тепловий потік Q_n, який відводиться від нанокомпозиту визначався із застосуванням приладу Перкіна-Елмера DSC-2.

Обговорення результатів досліджень. Характерні результати виконаних експериментальних досліджень наведено на рис. 1. В табл. 1 представлено

Таблиця 1

Характеристики процесу кристалізації поліаміду 6 та полімерних композитів на його основі, наповнених наночастинками SiO_2, при вмісті наповнювача ω = 4,0% і різних швидкостях V_t охолодження з розплаву полімера

V_t, К/хв	T_N, К	T_M, К	T_k, К	ΔT, К	Q^{max}, Вт/кг
Поліамід 6					
0,5	472,9	470,0	466,3	6,6	8,9
2,0	467,7	464,5	461,0	6,7	5,6
5,0	463,3	459,2	454,3	9,0	4,1
20,0	452,2 437,9	446,7	437,9	14,3	2,6
Поліамід 6, наповнений наночастинками SiO_2					
0,5	469,6	465,4	461,2	8,4	6,6
2,0	463,0	458,1	452,5	10,5	2,9
5,0	458,4	453,1	447,8	10,6	2,4
20,0	449,6	443,5	435,5	14,1	1,8



а) б)

Рис. 1. Екзотерми кристалізації поліаміду 6 та полімерних композитів на його основі при вмісті наповнювача ω = 4,0% і фіксованих швидкостях V_t їх охолодження з розплаву для полімерної матриці: *а* — матриця поліамід 6; *б* — наповнювач наночастинки діоксиду кремнію (SiO_2)

відповідні дані щодо температури початку T_N, кінця T_K, кристалізації, температурного інтервалу кристалізації ΔT та максимального значення питомого теплового потоку Q^{max} і температури T_M, за якої досягається це значення потоку.

Рисунок 2 ілюструє залежність від швидкості охолодження V_t вказаних характеристик процесу кристалізації, а саме Q^{max}, T_M, T_N, T_K та ΔT для досліджуваної матриці та нанокомпозитів. В таблиці 2 наводяться результати експериментальних досліджень характеристик процесу кристалізації полімерних нанокомпозитів, наповнених наночастинками SiO_2, при варіюванні вмісту наповнювача ω в діапазоні 0,2…4,0%.

Наведені на рис. 1, 2 та в табл. 1, 2 дані експериментів одержано при зміні швидкості охолодження від 0,5 К/хв до 20,0 К/хв та масової частки наповнювача від 0,2% до 4%.

Таблиця 2

Характеристики процесу кристалізації полімерних композитів на основі поліаміду 6, наповнених наночастинками SiO_2, для швидкості охолодження V_t=5 К/хв при різних вмістах наповнювачів ω

ω, %	T_N, К	T_M, К	T_k, К	ΔT, К	Q^{max}, Вт/кг
0,2	463,0	458,9	454,0	9,0	4,01
0,3	461,9	457,5	452,8	9,1	3,85
1,0	460,2	455,7	450,9	9,3	3,24
4,0	458,4	453,1	447,8	10,6	2,40

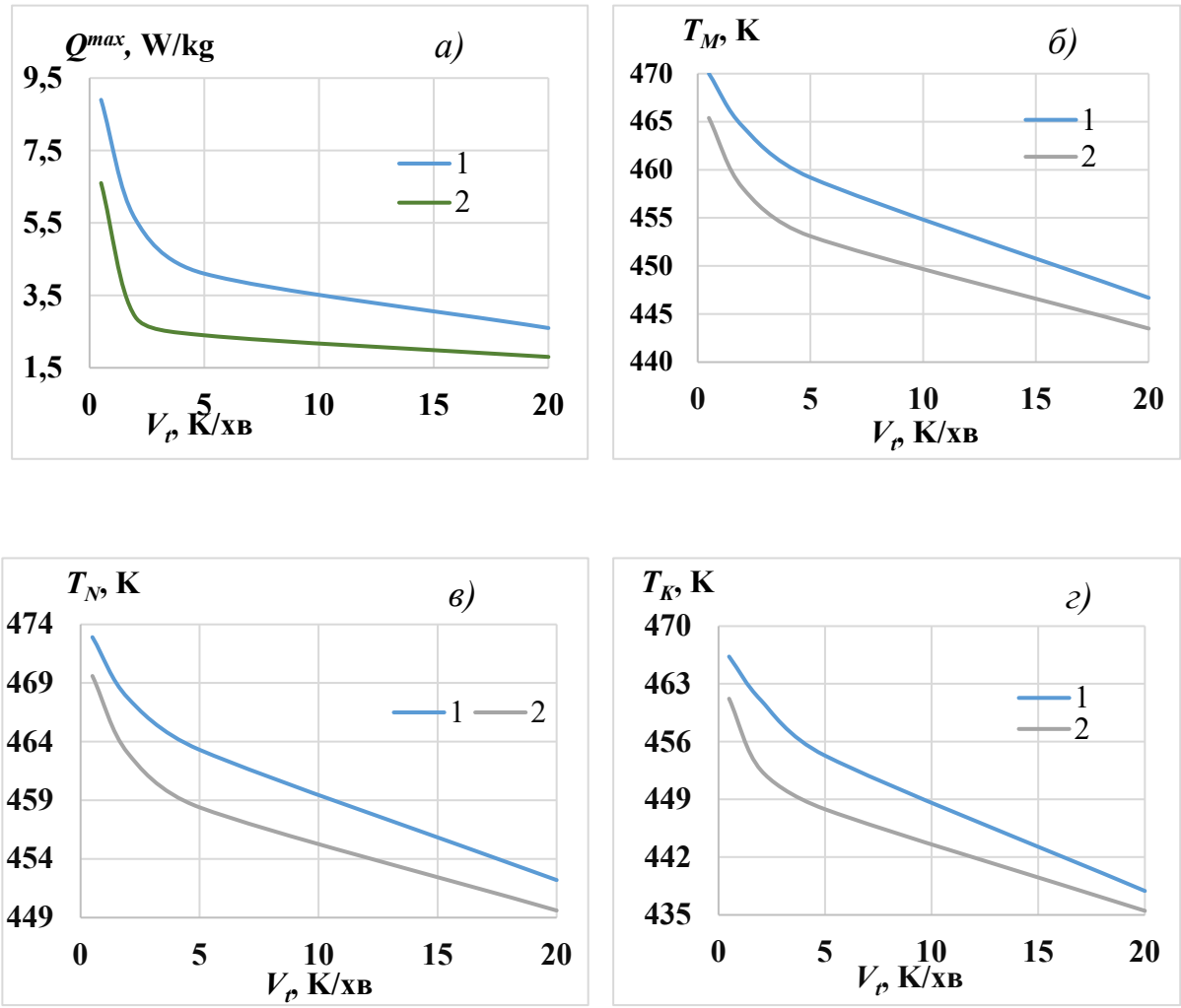


Рис. 2. Залежність характеристик процесу кристалізації полімерної матриці та нанокомпозиту на її основі від швидкості охолодження з розплаву V_t при вмісті наповнювача ω = 4%: 1 — матриця поліамід 6; 2 — наповнювач наночастинки SiO_2: *а* — максимальне значення теплового потоку Q^{max}; *б* — температура, що відповідає потоку Qmax; *в* — температура початку кристалізації T_N; *г* — температура кінця кристалізації T_K

При побудові екзотерм кристалізації для досліджуваних нанокомпозитів і поліаміду 6 має місце зниження температури початку T_N та кінця T_K кристалізації, температури T_M, а також теплового потоку Q^{max} зі зростанням швидкості охолодження V_t (рис. 1, 2, табл. 1). Найбільше зниження цих значень відбувається в області менших значень V_t. Що стосується зниження даних температур у досліджуваному діапазоні зміни V_t, то воно є відносно невеликим. Для температури T_N воно становить близько 20 К. Інші закономірності спостерігаються для величини теплового потоку Q^{max} зі зростанням швидкості охолодження V_t. При збільшенні V_t від 0,5 К/хв до 20 К/хв величина Q^{max} зменшується для поліаміду 6 в 3,4 рази для нанокомпозиту на його основі, при наповненні наночастинками діоксиду кремнію у 3,7 рази. В досліджуваному діапазоні зміни швидкості охолодження V_t більшими виявляються значення T_N, T_K, T_M та потоку Q^{max} для полімерної матриці, і дещо меншими для нанокомпозитів наповнених наночастинками SiO_2. Але відмінності між вищевказаними температурами для матриці та нанокомпозиту є незначними. Так, при V_t = 0,5 К/хв температура T_K для поліаміду 6 перевищує відповідну температуру для композита, наповненого наночастинками SiO_2, лише на 5,1 К. Для теплового потоку Q^{max} мають місце більші відмінності, різниця в порівнюваних значеннях становить 26%. Вплив масової частки наповнювача ω на величини T_N, T_K, T_M, ΔT та Q^{max} є аналогічним залежності цих величин від швидкості охолодження V_t (табл. 2).

Висновки. Виконано експериментальні дослідження з побудови екзотерм кристалізації композиційних матеріалів на основі поліаміду 6 при його наповненні наночастинками діоксиду кремнію за умов варіювання швидкості охолодження композиту з розплаву полімера V_t та масової частки наповнювача ω.

Література

1. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Aloshko S., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Mankus I., Nedbaievska 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 (114). P. 34–39. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274.

2. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Babak V., Korzhyk V., Lazarenko M., Polozenko N., Parkhomenko O., Makhrovskyi V. Establishing the influence of the type of micro- and nanofillers on the thermophysical properties of highly heat conductive polymer composites based on polyamide 6. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 4 (5 (118)). P.15–20. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263417.

3. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii J., Meranova N., Prokopov V., Babak V., Korzhyk V., Izvorska D., Lazarenko M., Makhrovskyi V. Influence on the thermophysical properties of nanocomposites of the duration of mixing of components in the polymer melt. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Applied physics. 2022. Vol. 2, No. 5 (116). P. 25–30. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255830.

4. Fialko N., Dinzhos R., Meranova N., Sherenkovskii J., Polozenko N. Thermophysical properties of polymer micro- and nanocomposites when they are obtained by different methods. Theoretical foundations in research in Engineering: collective monograph. Andrushchak I. etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch. 2022. P. 61–69. https://isg-konf.com/theoretical-foundations-in-research-in-engineering/ (*дата звернення:* 05.08.2024).

5. 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 нанокомпозиційних матеріалів. Інститут технічної теплофізики НАН України. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2020. 142 с.

6. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Кутняк О.М., Малецька О.Є., Пархоменко О.Ю. Вплив тривалості змішування компонентів нанокомпозиту на величину його теплоємності. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 5. С. 51–55. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-5-8009.

7. Bulavin L.A., Zabashta Yu.F., Vergun L.Yu., Alekseev A.N., Yablochkova K.S., Dinzhos R.V., Fialko N.M., Lazarenko M.V., Andrusenko D.A., Lazarenko M.M. Nanoclusters and sol-gel transition in water solutions of rigid-chain polymers. *Molecular Crystals and Liquid Crystals.* 2023. 765:1. P. 82–89. doi: https://doi.org/10.1080/15421406.2023.2215021.

8. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О. Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозитів та їх зв'язок зі структурними характеристиками полімерної матриці. *Теплофізика та теплоенергетика. 2022. № 3. С. 33–42.* doi: https://doi.org//10.31472/ttpe.3.2022.4.

9. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Альошко С.О., Кутняк О.М., Пархоменко О.Ю. Залежність теплопровідності полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів на основі полікарбонату від масової частки наповнювача. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 6(125). С. 60–64. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8053

10. N.Fialko, R.Dinzhos, Sherenkovskii Ju., Prokopov V., Meranova N., Fedosenko L., Yurchuk V., Dashkovska I., Popruzhuk I., Klishch A.Thermophysical properties and structure of the polymer matrix of micro- and nano-compos-

ites based on polyethylene. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 10(129). С. *19–22.* doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-10-8253.

11. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Федосенко Л.П., Кутняк О.М., Юрчук В.Л., Попружук І.О., Кліщ А.В. Теплопровідність полімерних мікро- і нанокомпозитів на основі полікарбонату та ступінь кристалічності полімерної матриці. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 11(130). *С. 32–37.* doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-11-8279.

12. Zabashta Yu.F., Lazarenko M.M., Alekseev O.M., Ushcats M.V., Hnatiuk K.I., Dinzhos R.V., Fialko N.M., Vergun L.Yu. & Bulavin L. A Features of nanocrystal melting. *Molecular Crystals and Liquid Crystals.* 2023. 752:1. P. 31–41. doi: https://doi.org/10.1080/15421406.2022.2091270.

13. Sobchuk A.O., Lazarenko M.M., Yablochkova K.S., Dinzhos R.V., Fialko N.M., Lazarenko M.V., Andrusenko D.A., Gryn S.V., Brytan A.V. & Alekseev A.M. Effects of molecular structure on the dielectric relaxation of substituted cellulose derivatives. *Molecular Crystals and Liquid Crystals.* 2023. 751:1. P. 109–120. doi: https://doi.org/10.1080/15421406.2022.2073535.

14. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Шевчук С.І., Меранова Н.О., Гнєдаш Г.О. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Інститут технічної теплофізики НАН України. Миколаїв : СПД Румянцева Г.В., 2020. 128 с.

15. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Альошко С.О., Кутняк О.М., Пархоменко О.Ю. Екзотерми кристалізації для полімерних композитів при їх наповненні вуглецевими нанотрубками. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 7. С. 70–74. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-7-8092

16. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г. Теплопровідність і питома теплоємність мікро- і нанокомпозитів на основі поліаміду 6. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 12. С. 58–62. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-12-8291.

17. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Федосенко Л.П., Юрчук В.Л., Кутняк О.М., Попружук І.О., Кліщ А.В., Хміль Д.П. Ступінь кристалічності полімерної матриці мікро- і нанокомпозитів на основі поліаміду 6. М*іжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 13. С. 53–57. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-13-8307.

18. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Косєва Н.С., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Навродська Р.О. Теплота кристалізації високотеплопровідних полімерних композитів на основі поліетилену при його наповненні мікрочастинками міді. *Теплофізика та теплоенергетика.* 2019. № 2. С. 19–26. doi: https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2019.3.

19. Fialko N., Meranova N., Sherenkovskii J., Navrodska R., Babak V., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N., Konoreva O., Dinzhos R. Establishing patterns in the structure formation of polymer nanocomposites based on polyamide 6 during their crystallization processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2024. Vol. 3, № 12(129). P. 62–68. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306965.

20. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Прокопов В.Г., Навродська Р.О., Полозенко Н.П., Кутняк О.М., Альошко С.О., Пархоменко О.Ю. Дослідження залежності густини нанокомпозитів від тривалості змішування компонентів у розплаві полімеру. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2022. № 6(125). С. 56–59. doi: https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-6-8045.

21. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Establishing patterns in the effect of temperature regime when manufacturing nanocomposites on their heat-conducting properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2021. Vol. 4, № 5(112). P. 21–26. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236915.

УДК 821.111

Тупахіна Олена Володимирівна
доктор філологічних наук, професор,
професор кафедри німецької мови та світової літератури
Запорізький національний університет
Tupakhina Olena
Doctor of Philological Sciences, Professor,
Professor of the Department of German Language and World Literature
Zaporizhia National University

Бобришева Катерина Олександрівна
студент
Запорізького національного університету
Bobrysheva Kateryna
Student of the
Zaporizhia National University

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10218

ІНТЕРТЕКСТУАЛЬНИЙ РІВЕНЬ АНАЛІЗУ РОМАНУ ДЖОНА ХАРВУДА «ПРИВИД АВТОРА»

INTERTEXTUAL LEVEL OF ANALYSIS IN JOHN HARWOOD'S NOVEL «THE GHOST WRITER»

Анотація. *Стаття досліджує використання інтертекстуальності в літературному творі через призму концепції Жерара Женетта. Особлива увага приділяється аналізу цитат, ремінісценцій та алюзій на твори Генрі Джеймса, поему «La Belle Dame», оперу Вагнера «Валькірії», легенду про Леді Шалотт та англійську народну пісню «Greensleeves». Через ці міжтекстові зв'язки бачно, як класичні твори впливають на розуміння сюжету та формування атмосфери в сучасній літературі.*

Ключові слова: *інтертекстуальність, цитати, ремінісценції, алюзії.*

Summary. *The article examines the use of intertextuality in a literary work through the lens of Gérard Genette's concept. Special attention is given to the analysis of quotations, reminiscences, and allusions to works by Henry James, the poem "La Belle Dame," Wagner's opera "The Valkyrie," the legend of the Lady of Shalott, and the English folk song "Greensleeves." These intertextual connections reveal how classical works influence the understanding of the plot and the creation of atmosphere in contemporary literature.*

Key words: *intertextuality, quotations, reminiscences, allusions.*

Постановка проблеми. У сучасному літературознавстві проблема інтертекстуальності залишається актуальною, адже міжтекстові зв'язки дозволяють глибше зрозуміти як окремий твір, так і літературний процес в цілому. Інтертекстуальність за Ж. Женеттом це найбільш загальний рівень аналізу транстекстуальності [2, с. 78]. Згідно з цією класифікацією інтертекстуальністю можна вважати будь-яку згадку іншого тексту у вторинному тексті.

Мета. Дослідження інтертекстуальних елементів у літературному творі, визначення їх ролі у формуванні сюжетної лінії, характерів та атмосфери, а також аналіз впливу класичних творів на інтерпретацію сучасного тексту.

Виклад основного матеріалу. Основні види інтертекстуальності це цитація, ремінісценція та алюзія [3, с. 290]. Найбільш очевидними прикладами цитації є згадки окремих творів, які читає герой і які допомагають у розумінні творів та атмосфери, яка нас очікує [1, с. 15]. Так основні твори, які фігурують в цьому творі — це книжки Генрі Джеймса. Головний герой у літаку читає «Оберт гвинта» [5], Віола читає «Священне джерело» та згадує «Як усе було», «Райський куток» і той самий «Оберт гвинта» [3, с. 15]. Така велика кількість згадок вказує на велику повагу та орієнтир на стиль Г. Джеймса для Дж. Харвуда у роботі над цією книгою.

Розглядаючи обрані твори Г. Джеймса для Віоли варто дослідити твір «Священне джерело» [3, с. 254]. Цей твір оповідає історію від імені головного героя, який помічає, що його давні знайомі змінюються: стають розумнішими та більш привабливими. Один з гостей робить припущення, що вони «витягують силу зі «святого джерела». І завдяки цьому припущенню головний герой починає пошуки та розглядання теорій, хто може бути цим «святим джерелом». Ця історія відображає дії Енн, тітки головного героя, після смерті. Вона в образі Аліси описує себе як людину з інвалідністю без шансу до реабілітації, однак по мірі того як хворіє і вмирає мати Джерарда, Аліса описує себе як людина, яка вже проходить реабілітацію. І смерть матері проходить в один момент з «відновою» Аліси. Таким чином можна зробити висновок, що через згадку цього твору Дж. Харвуд вказує на історію з основної сюжетної лінії.

Також важливим елементом є згадка про «La Belle Dame», яку вивчила Енн, якщо посилатися на листи Віоли [3, с. 296]. Це поема про лицаря, який познайомився з безіменною феєю і вона його зачарувала. Він відвіз її в грот, де цілував і потім йому приснилися «білі царі та королі», які казали, що ця фея його затягнула. З тих пір він ходить по світу блідий, в краю, де немає зелені. Цій поемі надають символічне значення, і вважається що блідість обличчя лицаря може вказувати на те, що він вже мертвий; його також порівнюють з лілією, яка в англійській, і зокрема у вікторіанській літературі, асоціюється з трауром. І скоріш за все його історія переповідається вже привидом, а не лицарем. І цей лицар не може покинути місця, куди його затягнула фея. Також за однією з трактовок це пов'язано з втратою чесноти. Ця історія відображає майбутнє Енн, яка з'являється у кінці твору у вигляді привида. І, зважаючи що вона відповідала з дому і кожного разу відмовлялася від зустрічі з Джерардом в інших своїх іпостасях, можна зробити висновок, що вона, як і лицар, не могла покинути цього дому. В контексті втрати чесноти, вона була зраджена своїм нареченим з її сестрою що можна розцінювати к втрату чесноти.

Іншим твором, який згадується тут, виступає опера Вагнера «Валькірії». Цей твір розповідає про життя Зігмунда та Зігфільди, які протистоять чоловіку Зігфільди. Допомагає їм у цьому Брумгільда, одна з валькірій і, водночас, дочка Одіна. Один допомагає вбити Зігмунда, і хоче покарати Брумгільду за допомогу, однак вона тікає разом з вагітною Зігфільдою (матір'ю величного Зігфріда). Її сестри їй не допомогають, однак укривають Зігфільду, в той час як Одін приспає Брумгільду, і за проханням дочки оточує її непрохідним кільцем. Ця історія також відображається на творі Харвуда. Джерард — це Зігфрід який йде боротися за свою сім'ю. Брумгільда — це Енн, якій довелося «навічно заснути». По зізнанням самої Енн вона пожертвувала своєю свободою заради сестри. В той час, коли Фелліс могла навчатися, Енн дивилися за тіткою бабусею та домом. Тема прокляття знову зустрічається через зв'язок і з цим твором.

Ще одним елементом міжтекстових зв'язків, який дуже часто згадується, виступає Леді Шалотт, яка згадується як в основній сюжетній лінії, так і в творі «Привид». Так на початку твору Джерард знаходить картину леді Шалотт і вбачає в ній Алісу, спираючись на опис яка сама Аліса надала. Аліса погоджується з цим описом як відповідним їй. У творі «Привид» Корделія також асоціює себе з леді Шалотт [2, с. 68].

Леді Шалотт — це героїня легенди з Артурівського циклу. Це жінка, на яку було накладено загадкове прокляття, згідно якому вона повинна сидіти вдома та тільки прясти, а життя вона може бачити тільки через чарівне дзеркало, в якому вона бачить «тіні світу», тобто симулякри замість реальності. І коли вона подивилися у вікно, щоб подивитися на Ланцелота і на неї починає діяти прокляття, так по дорозі до Камелоту вона вмирає у човні. Це алюзія на життя самої Енн, яка через обставини повинна сидіти вдома, і як тільки закохується, потерпає від проблем та врешті-решт помирає.

Ще одним прикладом цитації у цьому творі виступає цитата з англійської народної пісні про «зелені рукави»: «Alas my love you do me wrong To cast me out discourteously … Greensleeves was all my joy…» [3, с. 262]. Цю цитату Дж. Харвуд використовує в контексті опису фотографії Віоли з однойменною назвою. Пісня про «Greensleeves» за легендою пов'язана з Анною Болейн, за іншою версією з королевою Єлізаветою. Інтерпретації у значенні цієї пісні тісно пов'язані з семантикою кольору у англійській культурі. Так за однією із версій пісня про повію, тому що зелений колір «від зеленої трави» і розпусти. Згідно іншої інтерпретація пісні зазначають «неправильне» трактування кольору, так не зважаючи на той факт, що зелений колір розпусти, головна героїня пісні не приймає залицянь. Згідно з інтерпретацією часів Чосера, зелений колір — це колір легкого кохання.

В контексті історії «Привид автора» друга конотація виявляється найбільш ймовірною. Тому що в цей колір одягається Енн (Корнелія), коли дізнається, що її зрадили. В той же час першочергово ця сукня була одягнута на Віоли (Імогени). Яку чоловік звинувачував у зраді, якої не було. Таким чином згадка самого зеленого кольору сукні не є випадковим і вказує на нещасливі стосунки тих, хто цю сукню одягав.

Висновки. Таки чином Харвуд навмисно використовує елементи інтертекстуальності для глибшого розуміння читачем закладених ідей. За допомогою цитат, ремінісценцій та алюзій Харвуд веде гру, деконструюючи образ класичного твору та переосмислює минуле героїв, та вказує як мистецтво вплинуло на їх майбутнє.

Література

1. Біловус Л. Теорія інтертекстуальності: становлення понять, тлумачення термінів, систематика. Тернопіль : Видавець Стародубець, 2003. С. 21.

2. Шаповал М. О Інтертекстуальність: історія, теорія, поетика : навч. Посібник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2013. 167 с.

3. Harwood J. The Ghost Writer: A Harvest Book, 2006. 326 p.

4. Irwin W. What is an Allusion? *The Journal of Aesthetics and Art Criticism.* 2001. Vol. 59, Issue 3. P. 287–297.

5. James H. The Turn of the Screw. New York: Ebook Publishing, 2008. URL: https://www.ibiblio.org/ebooks/James/Turn_Screw.pdf (дата звернення: 20.08.2024).

УДК 687.5

Кузневич Аліна Василівна
США, Нью-Йорк
Kuznevych Alina
USA, New York

DOI: 10.25313/2520-2057-2024-8-10242

ІНШЕ

ГЕОМЕТРИЧНІ СТРИЖКИ ЯК МЕТОД ВІЗУАЛЬНОЇ КОРЕКЦІЇ ФОРМИ ОБЛИЧЧЯ

GEOMETRIC HAIRCUTS AS A METHOD OF VISUAL CORRECTION OF THE SHAPE OF THE FACE

Анотація. *У статті розглядаються геометричні зачіски як ефективний метод візуальної корекції форми обличчя. У роботі проведено аналіз різних геометричних стрижок та їхнього впливу на сприйняття форми обличчя, а також розглянуто принципи підбору стрижки залежно від анатомічних особливостей та пропорцій. Результати дослідження підтверджують, що правильно підібрана геометрична стрижка може суттєво змінити візуальний образ, покращуючи симетрію та гармонію лицьових пропорцій. Автор підкреслює важливість тісної співпраці між стилістами та клієнтами для досягнення оптимального результату, що відкриває нові перспективи у сфері індивідуального іміджу та стилю.*

Ключові слова: *геометричні стрижки, візуальна корекція форми обличчя, зачіска, об'єм, асиметрія, баланс, пропорції, гармонія, стиль, індивідуальність, краса, мода.*

Summary. *The article considers geometric hairstyles as an effective method of visual correction of the shape of the face. The paper analyzes various geometric haircuts and their influence on the perception of the shape of the face, as well as considers the principles of haircut selection depending on anatomical features and proportions. The results of the study confirm that a correctly selected geometric haircut can significantly change the visual image, improving the symmetry and harmony of facial proportions. The author emphasizes the importance of close cooperation between stylists and clients to achieve optimal results, which opens up new perspectives in the field of individual image and style.*

Key words: *geometric haircuts, visual correction of face shape, hairstyle, volume, asymmetry, balance, proportions, harmony, style, individuality, beauty, fashion.*

Актуальність дослідження. Питання візуальної корекції зовнішності завжди займало важливе місце як у наукових дослідженнях, так і в практиці різних галузей мистецтва та медицини. Візуальний образ людини відіграє ключову роль у її соціальному сприйнятті, впливаючи на першу реакцію оточуючих, самооцінку та впевненість у собі. У цьому створення гармонійного образу, у якому кожна деталь відповідає загальній естетиці, стає важливим завданням як для індивідуального самовираження, але й професіоналів у сфері моди та краси.

Серед різних засобів створення та корекції зовнішності стрижка займає особливе місце. Вона здатна кардинально змінити сприйняття людини, акцентуючи увагу на її перевагах або, навпаки, приховуючи недоліки. В останні роки в індустрії краси та перукарського мистецтва посилюється інтерес до геометричних стрижок, які є не тільки способом змінити зачіску, а й інструмент для тонкої роботи з пропорціями обличчя.

На відміну від традиційних стрижок, які часто орієнтовані на текстуру та обсяг, геометричні стрижки використовують математичну точність для досягнення гармонії у вигляді. Цей метод дозволяє стилістам цілеспрямовано впливати на візуальне сприйняття форми обличчя, створюючи ефектні і водночас гармонійні образи. Візуальна корекція з використанням стрижок, зокрема геометричних, стає доступним та ефективним способом покращення сприйняття зовнішності без інвазивних втручань. У контексті глобалізації та постійного обміну культурними кодами, розуміння того, як правильно використовувати геометричні стрижки для досягнення візуальної гармонії, є значним вкладом у розвиток як перукарського мистецтва, так і естетичної медицини.

Мета дослідження. Мета даного дослідження полягає в аналізі ефективності використання геометричних стрижок для корекції різних форм особи, а також у розробці рекомендацій щодо вибору оптимальних стрижок для різних типів осіб.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами дослідження є статті, критичні огляди та навчальні посібники, присвячені геометричним стрижкам.

Методи дослідження: метод теоретичного та практичного аналізу, метод порівняльного аналізу.

Результати дослідження. Геометричні стрижки являють собою відносно нову та унікальну область перукарського мистецтва, де математична точність та суворі форми використовуються для створення естетично привабливих та гармонійних образів [3, с. 62]. В основі цього підходу лежить розуміння того, що форма та структура волосся можуть значно впливати на сприйняття пропорцій обличчя та загальної візуальної гармонії зовнішнього вигляду. Геометричні стрижки, за своєю суттю, є поєднанням мистецтва і науки, де кожна лінія і кут розраховані для досягнення певного візуального ефекту.

Геометрія, як математична наука, що вивчає форми, розміри та взаємне розташування фігур, надає важливі інструменти для розробки та аналізу стрижок. У контексті перукарського мистецтва геометрія використовується для створення різних візуальних ефектів, таких як збільшення обсягу, зміна сприйняття довжини шиї, вилиць, чола та інших елементів обличчя. Основні принципи геометрії, що застосовуються у стрижках, включають симетрію, асиметрію, кути нахилу та пропорції.

Симетрія та асиметрія відіграють ключову роль у створенні візуальної гармонії. Симетричні стрижки традиційно асоціюються з класичною красою та спокоєм, тоді як асиметрія може створювати більш динамічний та сучасний образ. Наприклад, асиметрична стрижка, в якій одна сторона коротша за іншу, може пом'якшити риси обличчя або додати візуального інтересу, роблячи образ більш унікальним.

Кути та лінії в геометричних стрижках використовуються для створення акцентів та спрямування уваги. Наприклад, гострі кути на рівні підборіддя можуть підкреслити вилиці та візуально звузити обличчя, тоді як плавні лінії та округлі форми можуть пом'якшити риси та зробити обличчя більш пропорційним. Важливим аспектом є точний розрахунок кутів: надто гострі лінії можуть створити надмірну жорсткість образу, тоді як надто м'які кути можуть втратити необхідну структуру.

Пропорції — це ще один ключовий аспект, що враховується під час створення геометричних стрижок. Пропорції в даному контексті означають співвідношення різних елементів стрижки один до одного та форми особи клієнта. Наприклад, для обличчя з вираженими кутами підборіддя та вилиць може бути обрана стрижка, що пом'якшує ці риси за рахунок збільшення об'єму у верхній частині голови та плавного переходу довжини волосся.

Геометричні форми значно впливають на сприйняття людини. Це пов'язано з тим, що людське око та мозок сприймають та інтерпретують форми та лінії як елементи візуальної мови. Наприклад, квадратні форми в стрижках можуть надати особі більш строгий і структурований вигляд, що часто використовується для створення образів, що асоціюються із силою та впевненістю. Округлі форми, навпаки, можуть пом'якшити зовнішній вигляд, створюючи відчуття м'якості та привітності.

Дослідження у сфері когнітивної психології підтверджують, що сприйняття форм і ліній істотно впливає на емоційне сприйняття образу. Це підтверджує теорію про те, що геометрія у стрижках може бути використана як інструмент не лише естетичної, а й психологічної корекції зовнішності.

Насправді створення геометричної стрижки вимагає від перукаря як високих технічних навичок, а й глибокого розуміння основ геометрії та естетики. Процес починається з аналізу форми особи клієнта та визначення його індивідуальних особливостей. Потім стиліст розробляє концепцію зачіски, спираючись на принципи геометрії. На цьому етапі важливо враховувати, як різні елементи стрижки взаємодіятимуть з природними особливостями волосся, такими як текстура, густота та напрямок росту.

Одним із ключових етапів є створення чітких ліній та форм, які будуть підкреслювати чи пом'якшувати риси обличчя клієнта. Наприклад, для створення витягнутого овалу обличчя може бути використана стрижка з довгими вертикальними лініями, які візуально подовжують обличчя. Навпаки, для візуального розширення особи можуть бути використані горизонтальні лінії та об'ємні елементи в ділянці щік.

Крім того, важливо враховувати динаміку та рух волосся. Геометричні стрижки часто вимагають від стиліста вміння передбачати, як волосся поводитиметься за різних умов, таких як вологість чи вітер. Це додає складності до процесу створення стрижки, оскільки необхідно передбачити, щоб стрижка зберігала свої форми та лінії у різних ситуаціях.

Класифікація форм особи та підбір відповідних стрижок — найважливіша частина роботи стиліста, спрямована на створення гармонійного та візуально привабливого образу [1, с. 13]. У процесі вибору стрижки слід враховувати як сучасні модні тенденції, а й індивідуальні особливості обличчя клієнта, такі як форма, пропорції і специфічні риси. Розробка геометричних стрижок, що враховують форму обличчя, потребує глибокого розуміння взаємозв'язку між геометричними лініями та сприйняттям візуальних пропорцій.

Розглянемо класифікацію основних типів осіб та відповідних їм геометричних стрижок (рис. 1).

1. Овальне обличчя.

Овальна форма особи вважається найбільш універсальною та пропорційною. Обличчя такого типу характеризується плавними лініями, збалансованими пропорціями та злегка витягнутим овалом. Вважається, що власники овальної особи можуть дозволити собі практично будь-яку стрижку, тому що їх форма обличчя не потребує значної корекції.

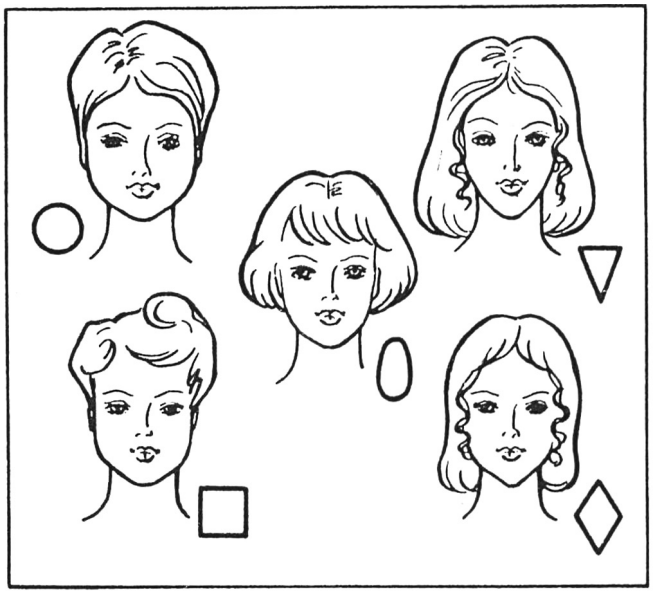


Рис. 1. Класифікація основних типів осіб

Тим не менш, для підкреслення переваг овальної особи можна використовувати стрижки, засновані на м'яких геометричних формах. Це можуть бути плавні лінії, що обрамляють обличчя, такі як подовжене каре або стрижка. Особливу увагу слід приділити лінії чубчика: асиметрична чи коса чубчик може надати образу динамічності, а пряма чубчика — додати суворості та акцентувати увагу на очах.

2. Кругле обличчя.

Кругла форма обличчя характеризується м'якими лініями, шириною, що дорівнює висоті, і відсутністю виражених кутів. Основним завданням при роботі з круглою особою є візуальне подовження та створення ілюзії більш витягнутої форми.

Для досягнення цього ефекту стилісти часто використовують стрижки з вертикальними лініями та об'ємом у верхній частині голови. Хорошим варіантом є стрижки з подовженими пасмами, що обрамляють обличчя, наприклад подовжене каре або лонг-боб з градуюванням. Важливо уникати горизонтальних ліній та зайвого об'єму на рівні щік, оскільки це може зробити обличчя ще круглішим. Асиметрія також є ефективним прийомом, що дозволяє створити відчуття довжини та збалансувати пропорції обличчя.

3. Квадратне обличчя.

Квадратна особа характеризується широкою щелепою та лобом, а також вираженими кутами. Завдання стиліста при роботі з такою формою обличчя полягає у пом'якшенні різких ліній та створенні м'якшого, плавнішого силуету.

Геометричні стрижки для квадратної особи повинні включати елементи, які згладжують кути і надають обличчю більш округлих обрисів. Це можуть бути стрижки з м'якими шарами, каскади або хвилясті локони. Відмінним варіантом може стати стрижка з бічним проділом та подовженими передніми пасмами, які обрамляють обличчя та візуально пом'якшують його риси. Чубчик також може зіграти важливу роль: коса або подовжена чубок допоможе створити ілюзію овальної форми і відверне увагу від широкої щелепи.

4. Трикутне обличчя.

Трикутна форма обличчя (або обличчя «серце») характеризується широким чолом і вузьким підборіддям. Основним завданням при роботі з трикутною особою є створення балансу між верхньою та нижньою частинами обличчя.

Для цього стилісти часто рекомендують стрижки, що додають об'єм в області підборіддя та врівноважують ширину чола. Це можуть бути боб або каре, що закінчуються на рівні підборіддя, з додаванням легких хвиль або м'яких локонів, щоб збільшити об'єм у нижній частині обличчя. Асиметричні стрижки також можуть бути ефективними, оскільки вони відволікають увагу від широкої верхньої частини обличчя та додають динамічності образу. Чубчик, якщо він використовується, повинен бути легким і повітряним, наприклад, подовженим або косим, щоб не обтяжувати верхню частину обличчя.

5. Прямокутне (витягнуте) обличчя.

Прямокутне обличчя відрізняється витягнутими пропорціями, де довжина обличчя значно перевищує його ширину. Основне завдання при роботі з таким типом обличчя — візуально зменшити довжину та додати об'єм з боків.

Для прямокутної особи ідеально підходять стрижки, що створюють ілюзію ширини. Це можуть бути багатошарові стрижки, об'ємні пасма або великі локони, які додають об'єм з боків і роблять обличчя візуально ширшим. Добре працюють і короткі зачіски, такі як боб або каре, які акцентують увагу на середній частині обличчя. Чубчик — ключовий елемент для прямокутної особи: густа, пряма чи коса чубчик допомагає візуально скоротити довжину обличчя та акцентувати увагу на очах.

6. Ромбовидне обличчя.

Ромбовидне обличчя характеризується вузьким чолом та підборіддям, а також широкими вилицями. Основне завдання при роботі з такою особою — пом'якшення ширини вилиць та створення більш пропорційного образу.

Для ромбовидної особи підходять стрижки, які додають об'єм у верхній та нижній частинах обличчя, балансуючи пропорції. Це можуть бути об'ємні стрижки з хвилястими пасмами, які надають обличчю м'якіших рис. Чубчик, особливо коса або подовжена, може допомогти зменшити ширину чола і пом'якшити загальні риси обличчя. Асиметричні стрижки також можуть використовуватися для створення гармонійнішого вигляду, відволікаючи увагу від широких вилиць.

Корекція форми обличчя з використанням геометричних стрижок — це складний та багатогранний процес, що вимагає від стиліста не лише художнього чуття, а й глибокого розуміння анатомії обличчя, законів геометрії та принципів візуального сприйняття. Методологія, що застосовується для досягнення

Таблиця 1

Ключові етапи корекції форми обличчя з використанням геометричних стрижок

	Етап	Опис
1	Аналіз форми обличчя	Цей процес починається з візуального огляду та оцінки основних характеристик обличчя, таких як ширина та довжина, пропорції та симетрія, а також індивідуальні особливості, наприклад, висота чола, ширина вилиць, форма підборіддя та лінії щелепи. Крім того, враховуються текстура та густота волосся, оскільки ці фактори можуть значно впливати на кінцевий результат стрижки. Баланс та пропорції цих зон відіграють ключову роль у сприйнятті форми особи. У процесі аналізу важливо визначити, які зони потребують коригування, щоб обличчя виглядало більш гармонійно та пропорційно
2	Розробка концепції стрижки	За підсумками аналізу форми обличчя розробляється концепція стрижки. Важливо враховувати, що геометрична стрижка — це не просто набір ліній та кутів, а цілісна композиція, створена для досягнення певного візуального ефекту. Геометрія стрижки має бути ретельно продумана, щоб коригувати форму обличчя, підкреслювати переваги та приховувати недоліки. На цьому етапі стиліст вирішує, які геометричні форми будуть використовуватися: округлі чи квадратні, прямі чи похилі лінії, симетрія чи асиметрія. Одним із ключових аспектів є вибір довжини стрижки. Довжина волосся може суттєво впливати на сприйняття пропорцій обличчя
3	Застосування техніки стрижки	Після того, як концепція стрижки розроблена, слідує етап безпосереднього виконання стрижки. Цей процес вимагає від стиліста високого рівня майстерності та точності, тому що навіть невеликі відхилення від наміченої геометрії можуть суттєво змінити кінцевий результат. Одним з важливих інструментів на цьому етапі є використання проділів та ліній, які допомагають стилісту точно дотримуватися наміченої геометрії. Ще один важливий аспект — це техніка стрижки чубчика. Чубчик може суттєво змінити сприйняття особи, тому її форма та довжина повинні бути обрані з особливою ретельністю
4	Оцінка результату та коригування	Після завершення стрижки настає етап оцінки результату. Важливо, щоб стиліст разом із клієнтом оцінили, чи досягнуті поставлені цілі щодо корекції форми особи. На цьому етапі враховується, як стрижка виглядає у різних ракурсах та за різних умов освітлення. Також слід звернути увагу на те, як волосся поводиться при русі: чи зберігається форма, чи немає неприродних вигинів або кутів. Якщо результат не повністю відповідає очікуванням, може знадобитися коригування. Це може бути додавання додаткових шарів для створення обсягу або, навпаки, скорочення обсягу певних зонах. У деяких випадках може знадобитися зміна довжини окремих пасм або чубчика

гармонії та корекції обличчя за допомогою стрижки, включає кілька ключових етапів: аналіз форми обличчя, вибір відповідної геометричної концепції стрижки, застосування техніки стрижки та оцінку результату (таблиця 1).

Психологічні аспекти сприйняття особи після корекції відіграють ключову роль в оцінці ефективності та успіху змін у зовнішності [2, с. 57]. Самооцінка, впевненість у собі, емоційний стан та соціальне сприйняття — всі ці чинники тісно пов'язані з тим, як людина сприймає своє обличчя і як воно сприймається оточуючими. Геометричні стрижки, завдяки своїй здатності коригувати та підкреслювати риси обличчя, можуть стати потужним інструментом психологічної трансформації, що сприяє покращенню якості життя. Однак успіх таких змін вимагає від стиліста не тільки майстерності в техніці, а й чуйності до психологічних та соціальних аспектів роботи із зовнішністю клієнта.

Висновки. Таким чином, геометричні стрижки, засновані на точних лініях, кутах та формах, надають стилістам потужний інструмент для корекції недоліків та підкреслення переваг різних типів обличчя, що сприяє створенню індивідуально підібраного та естетично привабливого образу. Аналіз теоретичних аспектів та практичної методології показав, що успіх корекції форми обличчя за допомогою геометричних стрижок залежить від глибокого розуміння анатомії особи, законів геометрії та принципів візуального сприйняття. Правильна класифікація форм особи та розробка відповідної геометричної концепції стрижки дозволяють не лише покращити зовнішній вигляд, а й підвищити самооцінку та впевненість клієнта, що відіграє важливу роль у його психологічному благополуччі.

Подальше вивчення та вдосконалення методик у цій галузі можуть призвести до ще більш точних та успішних результатів у створенні гармонійного та індивідуального вигляду.

Література

1. Смирнова І. В. Перукарське мистецтво : навч. пос. 2024. С. 315.
2. Тундальова І. С. Основи перукарської справи : навч. пос. Київ, 2020. С. 222.
3. Шаменкова Т. Ю. Современные виды стрижек и причесок: учебник. *Впровадження нових технологій та тенденцій моди.* Вид.: Академія, 2019. С. 302.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»

Збірник наукових статей

№ 8 (163)

Київ 2024

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 31.08.2024. Формат 60×84/8
Папір офсетний. Гарнітура New Century Schoolbook.
Умовно-друкованих аркушів 11,86. 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.