



# ВОСТОЧНО ЕВРОПЕЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68

#4(68), 2021 часть 1

Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)

Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.

Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - А4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#4(68), 2020 part 1

Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)

The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.

The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal  
Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Клиmek (Польская академия наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия наук)**

**Михал Невядомский (Институт международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

# СОДЕРЖАНИЕ

## АРХИТЕКТУРА

<b>Тюрикова Е.Н., Титинов В.В., Недошитко О.М.</b> ЗАСОБИ ФОРМАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ В СЕРЕДОВИЩНОМУ ДИЗАЙНІ .....	4
<b>Tiurikova E.N., Pogorelov O.A., Titinov V.V., Nedoshitko O.M.</b> FORMATION OF THE HUMAN AND STREET ANIMALS INTERACTION ENVIRONMENT .....	10
<b>Тюрикова Е.Н., Погорелов О.А., Титинов В.В., Недошитко О.М.</b> ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И УЛИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ .....	18
<b>Тюрікова О.М., Погорелов О.А., Тітінов В.В., Недошитко О.М.</b> ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ ФОРМАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ В АРХІТЕКТУРНОМУ ДИЗАЙНІ .....	26

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Nguyen Van Bang, Dang Cong Vu, Vu Quang Luong</b> APPLICATION OF LEARNING FEED-FORWARD CONTROLLER BASED ON MODEL REFERENCE ADAPTIVE SYSTEM FOR MISSILE STABILIZATION .....	34
<b>Біляєв М.М., Біляєва В.В., Берлов О.В., Козачина В.А.</b> Чисельне МОДЕЛЮВАННЯ ПИЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧИХ ЗОН БІЛЯ ШТАБЕЛЮ .....	40
<b>Saryi A.R., Hordeev A.I.</b> RESEARCH OF THE IMPACT ON PRODUCTIVITY OF PARAMETERS AND OPERATING MODES OF THE VIBRATION MACHINE DRIVE FOR CLEANING AND WASHING CONTAMINATIONS BY SUBMERGED STREAM JET WITH SOLID PARTICLES .....	46
<b>Mamedova F.M., Huseynova M.A.</b> ASSESSMENT OF SOME INDICES OF OIL-CONTAMINATED SOILS ON THE EXAMPLE OF THE ABSHERON PENINSULA .....	53
<b>Рахмонов Р.О., Ходжибоев Ю., Шарипов Ш.С., Одилзода М.М., Сафаров Б.Ф., Кобилзода А.М., Абдурахмонов А.С.</b> СИНТЕЗ И ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПАРА-Р-ФЕНИЛИМИДАЗО[2,1-b][1,3,4]- ТИАДИАЗОЛА .....	55
<b>Докторант Султанова В.С.</b> BOUNDARY-VALUE PROBLEM FOR A TWO-DIMENSIONAL SECOND ORDER-TYPE EQUATION WITH DISCRETE ADDITIVE AND MULTIPLICATIVE DERIVATIVES .....	61

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Mumladze M.</b> STOCHASTIC MODEL OF EVOLUTION OF HOMOTOPY TYPE OF PHASE SPACE OF DYNAMICAL SYSTEM.....	64
--	----

# АРХИТЕКТУРА

UDC 72.03:725

**Тюрикова Е.Н.**канд. архитектуры, доцент,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623**Титинов В.В.**ассистент кафедры  
ORCID: 0000-0001-6118-8746**Недошитко О.М.**

старший преподаватель

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

## ЗАСОБИ ФОРМАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ В СЕРЕДОВИЩНОМУ ДИЗАЙНІ

**Tiurikova E.N.**Candidate of Architecture, Assistant Professor,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623**Titinov V.V.**Teaching Fellow  
ORCID: 0000-0001-6118-8746**Nedoshitko O.M. Senior Lecturer**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

## WAYS OF FORMAL COMPOSITION IN DESIGN

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.7](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.7)

**Анотація.** У статті проаналізовано засоби формальної композиції, можливості їх застосування в царині середовищного дизайну. Наведені паралелі в понятійному апараті та проектній практиці середовищної та формальної композиції. Розкрито сутність та зміст основних категорій: міра, силові поля, силові лінії, напруженість, емоційний резонанс, просторовість, середовищний масштаб та ін... Наведені приклади щодо аналізу структурно-емоційного змісту живописної картини та виведення її в тривимірний простір.

**Abstract.** The article analyzes the means of formal composition, the possibilities of their application in the field of medium-dimensional design. The parallels in the conceptual apparatus and design practice of medium and formal composition are given. The article reveals the essence and content of the main categories: measure, force fields, force lines, tension, emotional resonance, spatiality, medium scale and others. Examples of the analysis of the structural and emotional content of the painting and bringing it into the three-dimensional space are given.

**Key words:** formal composition, medieval composition, categories of formal composition, measure, power lines, fields, scale, emotional resonance and tension, the criteria and indicators of integrity.

**Keywords:** формальна композиція, середовищна композиція, категорії формальної композиції, міра, силові лінії, поля, масштаб, емоційний резонанс та напруження, критерії та показники цілісності.

**Актуальність** роботи в пошуках засобів підвищення емоційних впливів архітектурного середовища; застосуванні надбань сучасного мистецтва в середовищному проектуванні; дослідженні проблеми середовищної композиції з позицій формально-композиційного підходу; екстраполювання композиційних засобів нефігуративного живопису в царину середовищного дизайну.

Різні аспекти проблеми композиції в середовищному дизайні, засоби композиційного формування образу архітектурного середовища розглянуті в працях В. Шимко, І. А. Єфімова, Н. Щепеткова, А. Гавріліної, Н. Кудряшова, М. Лазарева, І. Розенсон, С. Міхайлова, А. Іконнікова та ін. [1-3; 6]. Досліджені та узагальнені: композиція міського середовища (В. Антонов), композиція міста (А. Бунін, М. Круглова), співвідношення простору та маси в архітектурній композиції (А. Єфімов, А. Габрічевський),

композиційні колористика та формоутворення (І. Азизян, І. Добричина, Г. Лебедева). Існують погляди на теорію композиції як на поетику архітектури (О. Голубева), композицію сприйняття (Ю. Жмурко, Л. Панова, С. Шубович), візуальної корекції (В. Павлова), композицію формоутворення (Д. Мелодинский). Різноманітні погляди на композицію в мистецтві та дизайні демонструють А. Степанов, В. Малигін, Г. Іванова, В. Устін, Є. Кибрік, Н. Козлов, Г. Логвиненко, А. Пасічний, І. Пастир, Є. Шорохов, В. Щербина, М. Яремків та ін.. Склався загальний науковий та міждисциплінарний термінологічний апарат з проблем мистецької композиції.

Між тим, надбання в царині не фігуративного живопису та дизайну

(О. Чернишов, Е. Жердев, О. Чепурова, С. Шлеюк та ін..) [1;3] не розповсюджуються на сферу середовищного дизайну, не достатньо теоретично обґрунтовано застосуванням в проектній практиці

засобів сучасного авангарду та дизайну, запозичення їхніх методів та художньої мови. Це робить актуальним постановку проблеми дослідження, визначення його об'єкту, предмету, мети та завдань.

**Проблема дослідження** - застосування засобів формальної композиції в середовищному дизайні.

**Об'єкт дослідження** - формально-композиційний підхід в середовищному проектуванні.

**Предмет дослідження** - засоби формальної композиції в середовищному дизайні.

**Мета:** виявити засоби формальної композиції та сферу їхнього застосування в середовищному дизайні.

**Завдання:**

- проаналізувати теоретичні джерела з проблем формальної композиції;
- розширити понятійний апарат середовищної композиції за рахунок запозичення та екстраполювання теорії формальної композиції в середовищ ний дизайн;
- навести приклад застосування засобів формальної композиції в дизайні архітектурного середовища.

Сучасна концепція загальної дизайнеризації життя проголошує можливість утворення всього з будь чого. Це відповідає сучасному погляду на мистецтво, яке постає як засіб комунікації, форма існування середовищ них діалогів, джерело емоційних впливів та механізм управління враженнями та поведінкою глядачів. Існують погляди на мистецтво як на єдине синкретичне явище, яке вміщує різноманітні форми прояву та користується єдиною мовою - мовою художніх образів. Це зумовлює правомірність «творчого перекладу» різних явищ мистецтва, запозичення засобів виразності, їх взаємообмін.

Візуальне сприйняття, почуттєвий та асоціативний аспекти, джерела поведінської, естетичної, емоційної реакції; інформаційні сигнали, візуально-конфліктні ситуації, динамічність композиційної структури, композиційні схеми, сюжети та розподіл середовищ них ролей відіграють пріоритетну роль в композиційному формоутворенні.

За сучасними підходами до теорії композиції не існує нічого, що неможливо організувати за законами художньої доцільності, явище композиції трактують не як лише матеріальне, але як загальне, яке має поза візуальний зміст[1-6]. Термінологічний апарат розширюють за рахунок понять: *орієнтуюче русло, естетичне поле, кумулятивний ефект, композиція тимчасових станів, емоційна напруженість, емоційні впливи, інтегральна композиція, орієнтуюче русло* та ін.. Самоцілності набуває привабливість та інтуїтивність самого проектного та художньо-творчого процесу. Його метою називають духовно-естетичний потенціал середовища, управління відчуттями та настроями споживачів, мінливість

форм, мобільність світло-кольорових обставин тощо.

Аналіз теорії та практики в царині не фігуративного живопису (О. Чернишов, Е. Жердев, О. Чепурова, С. Шлеюк та ін.) надає нам можливість провести паралелі між сучасним мистецтвом та середовищним проектуванням з позицій *формального підходу*.

При відділенні форми від змісту, заміні реалістичних об'єктів формальними (або абстрактними), результат проектної діяльності аналізують через характеристики і властивості елементів композиції, їх структурну організацію.

Сучасні підходи до проектної діяльності в ДАС розглянуті О. Чернишовим. Автор активно використовує такі загально-композиційні поняття, як пластика, форма, об'ємно-просторова структура, ракурс, план, маса, просторова динаміка, тип простору, тип зв'язків, масштаб, конструкція, тектоніка, цілісність та єдність та ін. Він досліджує специфіку взаємодії елементів, способи досягнення візуальної цілісності, художньої виразності, естетичної цінності. На перший план в середовищної художньо - дизайнерської діяльності при цьому виступає *композиційна активність*, такі її категорії як *спрямованість, силові лінії, силове поле, ілюзорний просторовий зв'язок, емоційний стимул, емоційний резонанс, позитивний та негативний простір*.

О. Чернишов розглядає поняття *силових ліній і силових полів* з точки зору *композиційної активності основних елементів формальної організації*. В організаційній структурі формальної композиції кожен її елемент (лінія, пляма, крапка) бере участь не сам по собі (тобто обмежений лише своїм "фізичним" контуром, або обрисом), а в єдності з тим простором, який органічно належить елементу і є його невід'ємною частиною, вказує автор. Це є таке собі "магнітне поле", що визначає ступінь впливу елементу на весь навколишній простір, на значущість елементу і характер включеності в загальну структуру композиційної організації. Інтенсивність і спрямованість просторової активності *силового поля* елементу залежить не тільки від його конфігурації, масштабу, кольору, тону, фактури, положення в просторі, кута осьового зсуву щодо вертикалі і горизонталі і т.п., але і від того, які елементи, з якими силовими полями знаходяться поруч з ним. Таким чином, саме *за рахунок взаємодії силових полів* і досягається *ефект композиційного об'єднання елементів в цілісну просторову структуру*. При формуванні набору композиційних елементів архітектурного середовища важлива варіативність їх комбінування, можливість створювати за рахунок цього різні за активністю і спрямованості силові поля, надавати різної композиційної значущості тому чи іншому елементу.

*Критерієм візуальної цілісності будь якої композиції* є відчуття того, що її важко подумки розділити на незалежні частини. Якщо такий поділ

напрошується, то це свідчить про те, що між силовими полями елементів не встановився необхідний композиційний зв'язок, між елементами знаходиться *негативний простір*, не заповнений їх силовими лініями. Умови досягнення цілісності:

- **голове** в композиції повинно знаходитися в різних зонах простору;
- всі **елементи** повинні включатися в композицію разом з їх силовими полями.

Інноваційна трактовка поняття центру (головного) в формальній композиції [1;3] повністю відповідає середовищному підходу з визначенням візуальних вісей та коридорів. **Головне** у формальній композиції - це точка композиційного простору, що грає ключову роль в організації цілісного сприйняття; це **центр**, через який проходять основні *траєкторії руху погляду* при «прочитанні» організаційної структури композиційного твору. **Центр є "точкою відліку"** при візуальній оцінці значущості всіх компонентів композиції як цілісного утворення. Вирішальну роль у виділенні центру грають саме силові лінії всіх композиційних елементів і характер їх взаємодії в єдиному композиційному просторі. За рахунок своєї інтенсивності і спрямованості, силові лінії здатні "вести" погляд, стимулювати його рух по заданій траєкторії.

*Ступінь композиційної значущості* того чи іншого елемента в загальній композиційній організації може забезпечуватися не тільки за рахунок силових ліній і силових полів, але і за рахунок активності внутрішнього змісту самих елементів.

*Просторовість* в формальній і середовищній композиції (за образним визначенням О.Чернишова) виступає як певне високочутливе поле ("океан Солярису"), що має властивість потенційної збуджуваності, рухливості, плинності, реактивності. У природному стані це простір сприймається в спокої, рівновазі, равноактивності і рівнозначності. Ці властивості притаманні простору лише тоді, коли він існує в найбільш статичній формі. Але варто надати будь-яку орієнтованість, як простір внутрішньо збуджується, активізується, несе в собі передумову до певного руху, а значить, і до певного характеру його сприйняття. Таким чином, навіть перебуваючи в вихідному стані, ще до привнесення в нього будь-яких елементів, простір він вже дає глядачеві підказку для певного емоційно-чуттєвого переживання і загального характеру динаміки його розвитку.

Спираючись на поняття *емоційного стимулу*, О. Чернишов аналізує *контрастну, нюансную і тотожню* композиції на предмет досягнення емоційного ефекту різної інтенсивності при їх сприйнятті глядачем (рис.2). Відбір засобів формально-композиційної виразності має здійснюватися виходячи з того, щоб композиційно

змодельовати рівні відносин "твір-емоція", "стимул-реакція" (рис.1). О. Чернишов зауважує, що типологія зазначених співвідношень елементів композиційного матеріалу ґрунтується на об'єктивності трьох принципово різних за своїми сутнісними характеристиками форм відносини людини до дійсності: "людина - предметний світ", "людина-простір" і "людина-час". Людина існує в предметній середовищі, в просторі і в часі, і його емоційно-чуттєве ставлення до кожного з них грає істотну роль при художньо-композиційному формоутворенні різних класів штучних систем.

Усвідомлення цього дозволяє розглядати автору категорію *композиційного масштабу* в трьох основних змістовних рівнях: *метричному, просторовому і часовому*. *Композиційний зміст метричного масштабу* включає в себе різні типи організації структурних відносин самих предметних форм, що відповідає трьом поняттям: *екстер'єр, інтер'єр, предмет*. Логіка структурної організації цих типів метричного масштабу спирається на три основні форми взаємозв'язку елементів матеріальної дійсності: просторову, конструктивну і функціональну. *Відмінність формально-композиційного та середовищного масштабу* від традиційного трактування цієї категорії: він спирається на механізми чуттєво-образного сприйняття людини, має причинно-наслідковий сенс: масштаб твору виконує роль причини, а образна асоціація – роль результату.

Архітектурне середовище розглядається О. Чернишовим [1] як предметно організований екзистенціальний простір активного буття людини, що визначає «схеми» його поведінки та дій. Воно візуально сприймається як об'ємне тіло з замкненим на себе простором функцій. Предметні елементи цього середовища (маси, тіла, об'єми, поверхні) повинні випромінювати «емоційно-смыслову енергію» (силові лінії, потоки, поля), наповнювати його композиційним рухом, з розбігом за всіяма, межами, спрямуваннями, планами, вузлами, зонами, центрами, рівнями, ракурсами тощо. Сукупність комбінацій формує індивідуальні форми стосунків – автономність, повторення, замкненість, проникнення, протиставлення та ін.. *Структурутворюючий фактор* – художньо-композиційна організація сприйняття середовищного процесу. «Пластична гра» будується на основі взаємодії різних мотивів (велике-маленьке, монолітне-складове, відчинене-замкнене, глухе-ажурне, жорстке-м'яке, наближення-віддалення, притяження-відштовкання, концентрація-розсіювання, наступ-відступ тощо). Діяльнісний аспект надає уяву о характері безпосередніх фізичних контактів людини з формою. Таблиця 1 демонструє сутнісно-функціональні паралелі між формальним мистецтвом та середовищним дизайном.

Мета	Утилітарно-технічна сутність	Знаково-комунікативна сутність	функція
Створення художньої цінності, художнього образу	Другорядна або взагалі відсутня	Носій духовності, символ, знак культурного сенсу.	Організація духовної атмосфери,
Взаємодія естетичних та поза естетичних цінностей	Виявлення внутрішніх сутнісних зв'язків	Відбиток культурного сенсу в художньому образі.	Сенсоутворення
Організація ціннісної взаємодії твору та споживача, естетичного діалогу.	Соціокультурна роль твору.	Яскравість, оригінальність відбиття особистості митця в його творчості	Функціонування творів мистецтва в хронотопі
Діалог автора-митця та споживача.	Моделювання майбутнього споживача твору	Система знаків, в якій закодована художня інформація	Перетворення речі в сенсо-тип, виявлення схованих соціокультурних значень об'єкту.
Створення естетичного еталону для споживача.	матеріалізація художньої ідеї, творчого задуму, композиційного рішення сучасними засобами. опредмечивание	Распредмечивание Виявлення та сприйняття культурних сенсів, художньої інформації	Стилювання (втілення естетичного ідеалу в сучасній формі)

В середовищному проектуванні існують два основних процеси: I – формоутворення, II – управління сприйняттям, при чому, обидва втілюються одночасно, адже інші підходи не дають результатів [2].

На композиційному рівні це реалізується в художньому перетворенні фрагменту середовища, який залучає людину до своєї сфери. Композиційна діяльність в середовищі направляється на організацію:

- середовищних діалогів;
- безперервності середовищних трансформацій,
- пріоритетності емоційного впливу, навіть якщо це відбувається за рахунок відриву

формоутворення від функції.

- розвитку і матеріалізації мови знаків, значень і культурних сенсів.

Засоби реалізації цього:

- надання естетичних значень і якостей всім середовищним складовим, в тому числі не архітектурним формам;

- художня інтерпретація утилітарних функцій.

Свідомо керувати динамікою і емоційної активністю візуального сприйняття можливо завдяки особливій організації просторових зв'язків та відносин між елементами композиції.

Нами розглянуті приклади застосування формально-композиційного підходу до формування композиції інтер'єру (рис.3,4).

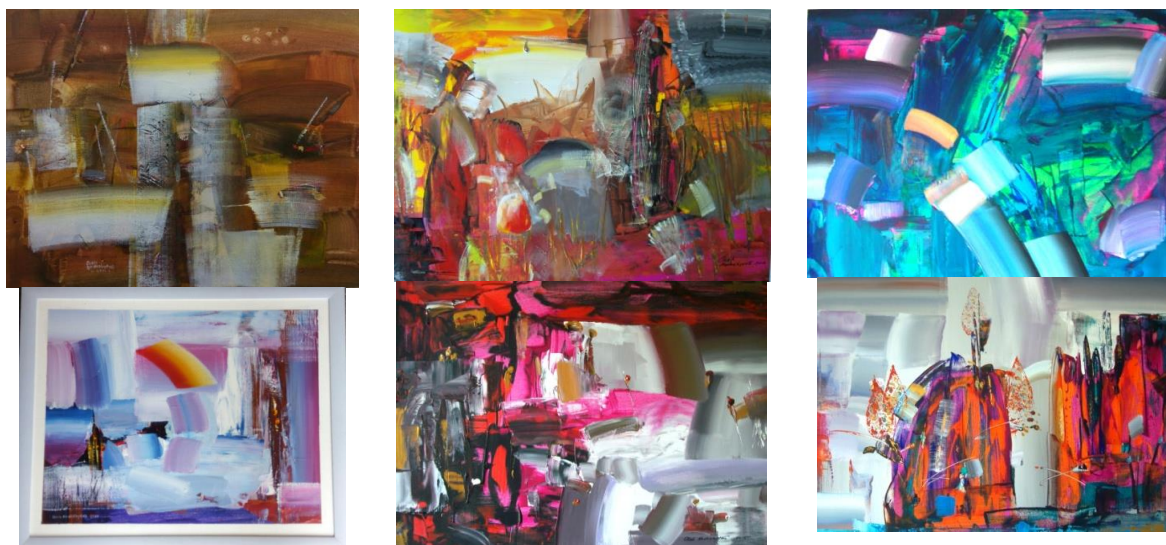


Рис. 1. Твори не фігуративного живопису- арт-аналогі середовищного проектування (твори О.Недошитко)





Рис.2.. Приклади заданості емоційних впливів на основі контрастних, нюансних та монохромних відношень (твори О. Недошитка)



Рис.3. Просторова тема та її арт-інтерпретація в формальному живопису (на основі творів О.Недошитка)

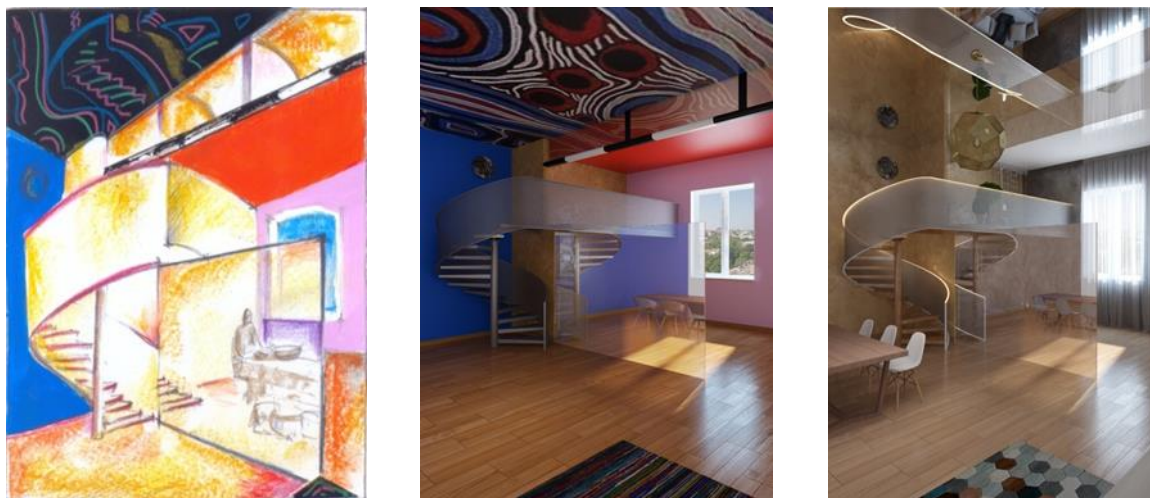


Рис.4. Переклад просторової теми формального живопису на мову сучасного інтер'єру

#### Рис.3.1. Керований хаос

Відтінки синього кольору, що заповнюють силкові поля, визивають відчуття рухливих потоків, що переміщуються, небес, що падають на землю. Помаранчеві горизонтальні всполохи в верхній частині роботи врівноважені їх відбитками знизу. Композиційний центр представлено масивною вертикаллю, нейтральній за кольором. Він протиставлений нестабільному простору за рахунок світлотіньового вирішення, що формує об'єм. Його вісь ледве відхилена від вертикалі. Світлові плями праворуч та ліворуч відіграють єднальну та спрямовуючу ролі, транслюють зв'язок неба та хмар, впавших на землю, зірок, які зриваються в небо.

#### Рис.3.2. Вікно життя .

Композиційний центр втратив масивність, від нього відходить динамічний фантом, який підтримує розділ низу та верху. Помаранчевий напівпрозорий контур центру формує портал, раму, яка поділяє простір по вертикалі. Темні важкі земляні тони організують її контур, передній план та перспективу. Скрізь раму перетікає рух верхніх небесних мас та нижніх, земних. Тема життя, що народжується, виражена кольорами сирієї землі та весняної трави. Темна пляма на зеленому тлі виявляє початок руху в портал майбутнього.



### Рис.3.3. Хитка стабільність.

Композиційний центр ускладнено за формою та кольором. Сформовано відчуття порожнечі усередині маси, що насувається. Вона підкреслена похилими світлими смугами, які формують ритм підйому. Золота сонячна маса утворена відтінками жовтого, помаранчевого та рожевого, надає відчуття єдиного об'єму, мета якого - організувати рух догори, до тріумфу. Однак, так як рух організовано ні зліва направо, а навпаки, то лишається можливість руху по низхідній, який спрямовано до червоно-чорної плями знизу. Так як рухи, що зустрічаються майже врівноважені, то стан нестабільності сховано прихованим золотом перемоги.

### Рис.4. Арт-інтерєр. Паралельне життя.

А. Домінанта виокремлена у вигляді вертикального світлового каркасу, сформована сходами та їх відображеннями. Реальний ритм віялового освітлення підтримано ілюзорним. В залежності від освітлення змінюються характер приміщення. Акценти сміщуються. Ілюзії нескінченності простору досягнуті за рахунок дзеркального фрагменту стелі та нюанс них кольорових рішень з використанням нейтральних відтінків, що нагадують колір холсту або картону.

Прості форми легких лент горизонталей створюють відчуття самостійного додаткового руху, незалежного від обставин життя. Зміна форми, розміру, кольору, освітлення арт-об'єкту, розміщеного всередині, в сфері впливу композиційного центру, пропонує комбінації гри з простором та образом.

Активне кольорове вирішення стелі з рухливим малюнком та ритмом білих смуг створює відчуття перевернутого простору й, одночасно, стискають простір, роблять домінуючим направлення горизонталей.

**Висновки.** Таким чином, на прикладі перекладі мови нефігуративного живопису в царину середовищного проектування, було задано образну характеристику та емоційний знак інтер'єру, переведено площинне рішення кольорових плям в об'ємно- просторову композицію.

На підставі аналізу теоретичних та художніх джерел визначене спільне поле діяльності формального мистецтва та дизайну архітектурного середовища: активізація емоційних впливів, забезпечення мінливості та динамічності вражень

та ситуацій, світло-колеристичний сценарій, активізація творчої уяви, почуттєва визначеність та ін.. Встановлені відмінності традиційного трактування понять простору та масштабу від формально-композиційного та середовищного. Охарактеризовані ключові поняття композиційного формоутворення ( силові лінії, поля). Наголошено на спільності підходів до визначення головного ( центру) в середовищній та формальній композиції.

Подальшого дослідження вимагають методика та методологія проектного втілення засобів формального мистецтва.

### Література:

- 1.Чернышев О.В. Некоторые особенности дизайн-деятельности и подготовка кадров. — В сб.: Художественно-конструкторское образование. Тр. ВНИИТЭ. — М., 1977, Сер.: Техническая эстетика, вып.10.
- 2.Шимко В.Т. Архитектурно- дизайнерское проектирование. Средовой поход. - М.:Архитектура-С, 2006.-384с.;
- 3.Шлеюк, С.Г. Художественный образ и композиция в дизайне мебели периода XVIII — начала XXI веков: автореф. дис. ... канд. искусствоведения / С.Г. Шлеюк. — М., 2005. — 26 с.
- 4.Голубева, О.Л. Основы композиции / О.Л. Голубева. М.: Искусство, 2004. — 120 с.
5. Дегтяникова, Н.И. Эвристические методы в исследовании композиции произведений изобразительного искусства: автореф. дис. ... канд. искусствоведения / Н.И. Дегтяникова. — СПб., 2004. — 20 с.
- 6.Михайлов, С. М. Интерактивность как определяющий признак дизайна постиндустриального общества, URL:<http://knu.znate.ru/docs/index-410452.html>;
- 7.Наумова В.И. Современные тенденции архитектурно-художественного творчества и актуальные векторы архитектурного образования: дис. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2011. 198 с.
- 8.Раппопорт А.Г. Архитектура и эмоциональный мир человека. Эмоции и профессиональное сознание архитектора. М., 1985. 245 с.
- 9 .Эстетические ценности предметно-пространственной среды. Под ред. А.В.Иконникова. М. Стройиздат, 1990.

**Tiurikova E.N.***Candidate of Architecture, Assistant Professor,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623***Pogorelov O.A.***Senior Lecturer,  
ORCID: 0000-0003-0150-043X***Titinov V.V.***Teaching Fellow  
ORCID: 0000-0001-6118-8746***Nedoshitko O.M.***Senior Lecturer**Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture***FORMATION OF THE HUMAN AND STREET ANIMALS INTERACTION ENVIRONMENT**[DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.8](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.8)

**Abstract.** The paper is devoted to the problem of arrangement of the city's ecosystem by the architectural and design tools. The contradictions and conditions of joint habitation of people and street animals (cats) in the urban environment are revealed. The initial potential capacity of different types of urban environment (beaches, a traditional Odessa courtyard, public parks and squares, modern multi-storey buildings) in the formation of a harmonized, conflict-free interaction between people and animals have been investigated. The sketches of the search for the artistic appearance of cat settlements (students' works) are presented.

*Keywords: ecosystem, architectural and design tools, conflict-free interaction conditions, artistic appearance of a fragment of the urban environment, cat settlements, humanistic approach, and urban lifestyle.*

**Studied problem:** architectural and design methods of forming an artistic appearance of the urban environment fragment, the implementation of the "Kind City" idea: harmonious coexistence of various biological species in an artificial environment.

**Topicality.** The modern urban lifestyle is characterized by the dynamism, processability, and efficiency. The forms of social life such as a promenade, informal communication of neighbors, and joint holidays in Odessa courtyards recede into the past. The city is captured by transport, which displaces people and animals. In social psychology, the humanistic values are replaced by the egocentrism and individualism. The disunity, diving into the virtual

reality, decrease in the need to sympathize and empathize corrodes the human from a person. In this situation, all creatures great and small suffer most acutely, who entered by the will of man into his artificial environment, but are not adapted to its changes. The socio-humanistic, ecological, sanitary and hygienic contradictions between the modern way of life and traditional values are solved, among other things, by the architectural design methods. In European practice (Poland, the Baltic states, etc.), there are various forms for arrangement of consistent coexistence of people and animals, the industry operates to provide living conditions for street cats, including in the wild.





*Fig. 1. The world practice of creating housing for cats*

In Ukraine, there is a “Kind City” program, according to which the cats are declared part of the ecosystem of cities such as Kyiv, Odessa (from

14.12.2017), Mykolayiv, Zaporizhzhia, Dnipro, etc. [1-4].



*1.1. The world practice of organizing interior and outdoor houses for cats.*

Odessa is a special city. Animals are traditionally loved here. The “Cats of Odessa” program, volunteer organizations, and joint projects of various institutes operate, the creative intelligentsia is involved (cats are the art objects on the streets of the city, calendars and postcards with street cats, etc.). The cat settlements appeared in the historical center of the city

(Manezhnaya Str., Teshchin Most, Sobornaya Square, etc.), in the beach and recreational areas (Gorsad, Luzanovka, etc.), some of these houses are factory-made, some are the product of the residents’ craftsmanship (Fig. 1). However, the potential capacity of the architectural design has not yet been used, an environmental analysis has not been carried out, the



needs of different environmental niches have not been identified, a set of project proposals has not been formed taking into account the peculiarities of the

interaction of people and animals in various types of spaces. This determined the problem, object, subject, goals and objectives of the study.



*1.2. Odessa experience of cat settlements (factory-made and self-made houses)*



*1.3. functionally shaped solutions for the environment for cats*

The **object** is an urban environment that accumulates a typical way of life.

The **subject** is architectural and design tools of arrangement of the “environment” in the environment, humanistic and communication, compositional and aesthetic aspects.

The **goal** is to identify architectural and design tools for conflict-free interaction between people and cats in the urban environment.

The objectives:

- to identify the needs and potential capacity of arrangement of the environmental interaction of people and animals in various types of urban development;
- to form a typology of cat settlements;
- to develop project proposals for the harmonization of the urban environment with the organization of living conditions for the cats.

The urban developed land is not homogeneous. It includes historical and modern low-rise buildings, objects of historical and cultural heritage, multi-storey complexes, temporary housing, etc. Housing in

recreational areas or near industrial development, in a cultural center or on the outskirts, farmstead or modern high-rise buildings, elite or municipal housing differs by typology of the inhabitants, style and way of life, conditions for free communication, etc.

In the urban ecosystem, all living things occupy their own niche and ensure its stability and eco-balance. Domesticated animals traditionally live next to the people who have tamed them, integrate into their way of life. At the same time, their biological predetermination should not be infringed (in cats - nocturnal lifestyle, spring caterwaul, focus on hunting, mobility and playfulness, typical nutrition, features of propagation and nurture, etc.). In the urban environment of the old city, the cats are pushed into attics and basements; they have no place in the new building at all. Often people demonstrate aggression towards them, not understanding that it is necessary to take sole responsibility for the imbalance in coexistence, violation of culture and traditions. Animals need a home. People need their love and help.



Children need the practice of cooperation, care, and responsibility. Partially these needs can be solved by organizing shelters, rehabilitation centers, involving of municipal services, management companies, etc., partially by means of architectural urban environment design.

Even a superficial analysis makes it possible to highlight the features and possibilities in the arrangement of the environment in the environment.

The **factors** influencing architectural and design decisions:

- population density, its demographic composition, socio-cultural preferences,
- the geometric set course of space and buildings.
- the ratio of public and private areas, their operational set course,
- traditional lifestyle in the environment,
- the existing eco-structure,
- performance, safety, sanitation and hygiene, the ability to access different areas, etc.,
- the possibility and need for transformations of the environment complex,
- artistic and stylistic features of the development.

This determines the **typological features** of the cat settlements:

*By method and location*

- environments built into the system of equipment (into the system of courtyard stairs, additional buildings and pits, into galleries and unfinished attics, etc.),
- fit in the structure of the walls, basement floors, in the improvement system,

- organized using lost or partially lost elements of eco-structure or equipment (dried-up or broken trees, obsolete or destroyed playgrounds, old cars and dovecotes, etc.),

- independent detached objects.

- top, bottom, middle,

- fully autonomous, partially autonomous or fit-in.

*By capacity and other quantitative characteristics:*

- individual, group,

- single-level, tiered, combined,

- permanent and temporary, seasonal and year-round,

*By compositional and artistic image characteristics:*

- a house-constructor's kit, a play structure, a basket, a ball, a nest, a woolen sock, a ribbon, a cat's tower-town, a house-a joke, a parody, a decoration, a house-hovel, a garden, a skyscraper, a capsule, a canterbury...

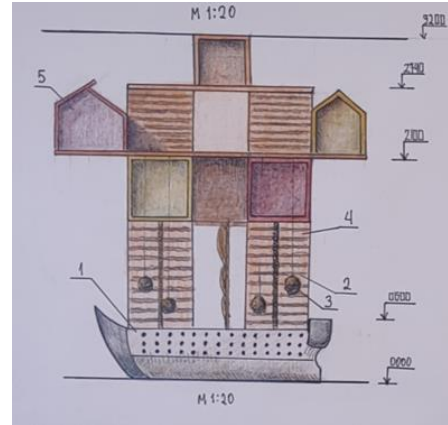
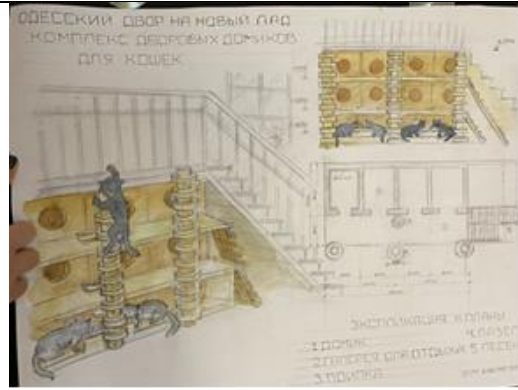
- point, tape, compact, spatial, with development in height, along a polygonal line, diagonally, etc.

- cellular structure, monolithic structure, dismantlable, etc.

- contrasting in terms of style, neutral or organic.

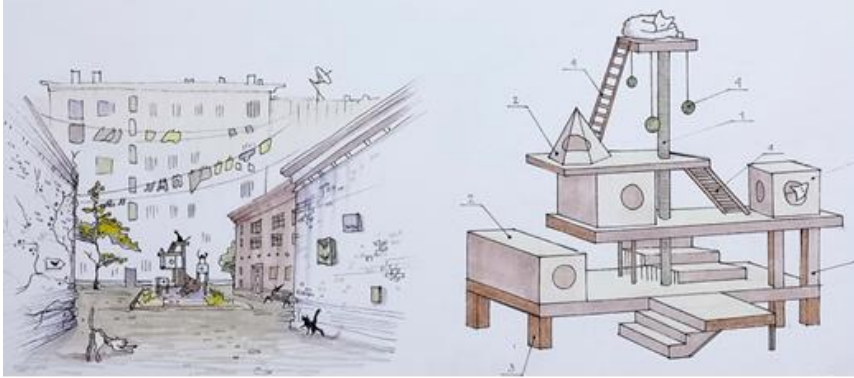
The presented students' works demonstrate conceptual approaches to the design of urban environment fragment with the inclusion of cat settlements therein. Fig. 2. Conceptual proposals for the artistic and functional arrangement of the environment in the environment (inclusion of houses for cats in residential buildings





(Mono-opera “cat concert”, cat-pipe, cat-case, cheese adventures, cat-ship)

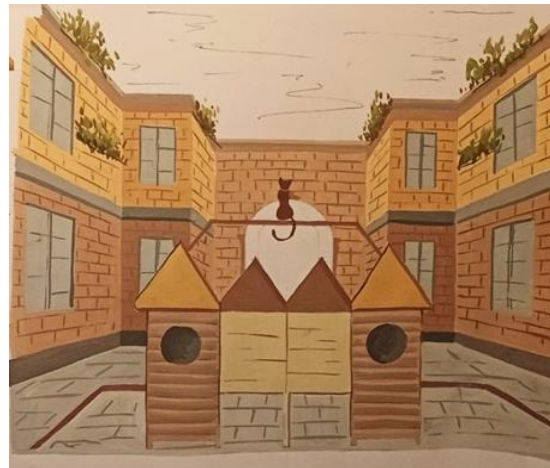
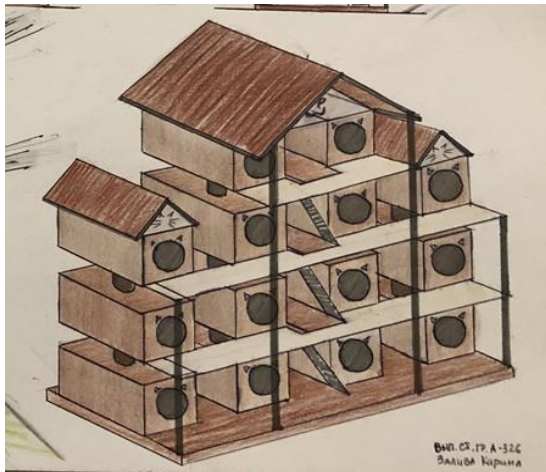




2.1. Introduction of cat settlements into the structure of a traditional Odessa courtyard (students' works) (courtyards for cats, cat capsules, cat roosts)



2.2. Formation of cat houses around damaged trees. Nests and hovels for cats in the park.







2.3. Examples of house patterns: cat hostel, tower-house, ball, canterbury, cat garden, house-decoration.

**Conclusions.** The necessity of forming the environment in the environment, increasing the humanistic component of the urban environment through the arrangement of conflict-free

The necessity of forming the environment in the environment, increasing the humanistic component of the urban environment through the arrangement of conflict-free interaction between people and cats has been substantiated.

The potential capacities of different types of urban environment in solving the abovementioned problem have been researched. The factors influencing the architectural and design decisions in different types of urban residential development are highlighted.

The classification features and typological characteristics of cat settlements are proposed. On the example of conceptual students' works, the examples of the functional and artistic arrangement of the environment for cats in the structure of the city are given. The architectural and design tools of forming the urban environment image are revealed, taking into account the conflict-free coexistence of people and cats: activating the humanistic-communicative beginning of the environment by means of: compositional, artistic, structural solutions, forming an environmental scenario with the participation of all inhabitants of the environment, ensuring the necessary "decorations" for the environmental processes, the organization of the environmental composition, taking

into account stylistics, ergonomics, aesthetics, and lifestyle.

The issues of ecobalance in new buildings, in the conditions of an urbanized technogenic environment await further research.

#### References:

1. Part of the Ecosystem: Why Cats and Dogs Are Important to the City. [odessa.pub › chast-ekosistemy-pochemu-koty-i-sobaki-...](#)
2. To recognize stray cats as part of the city's ecosystem. [petition.e-dem.ua › dniproptetrovsk › Petition › View](#)
3. In Mykolayiv, the cats were recognized as part of the city's ecosystem. [nv.ua › ukraine › events › koty-stali-chastyu-ekosistem...](#)
4. (A Kind City as an ecosystem: the view of an animal rights activists... [mdl.com.ua › dobryj-gorod-kak-jekosistema-vzgljad-zoo..](#)
5. Жердев, Е. В. Метафорическая образность в дизайне / Е.В. Жердев. М.: Изд-во МСХА, 2004. - 226 с.
6. Додсворт С. Фундаментальные основы дизайна интерьеров: учебное пособие. М.: Тридэ Кукинг, 2011.
7. Лола, Г. Н. Дизайн. Опыт метафизической транскрипции / Г. Н. Лола; послесл. Н.Б.Иванова.- М.: Изд-во МГУ, 1998.- 264 с.

8. Ikonnikov A. Space and form in architecture and urban planning [Text] / A. Ikonnikov – М.: «КомКнига», 2006. – 176 p.

9. Shymko V. Architectural and design. Fundamentals of the theory (environmental approach) / V. Shymko – М.: Architecture С, 2009. – 219 p.

**Тюрикова Е.Н.**

*канд. архитектуры, доцент,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623*

**Погорелов О.А.**

*старший преподаватель,  
ORCID: 0000-0003-0150-043X*

**Титинов В.В.**

*ассистент кафедры  
ORCID: 0000-0001-6118-8746*

**Недошитко О.М.**

*старший преподаватель*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

#### **ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И УЛИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

**Тюрікова О.М.**

*канд. архітектури, доцент,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623*

**Погорелов О.А.**

*старший викладач, ORCID: 0000-0003-0150-043X*

**Тітинов В.В.**

*асистент кафедри, ORCID: 0000-0001-6118-8746*

**Недошитко О.М.**

*старший викладач*

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

#### **ФОРМУВАННЯ СЕРЕДОВИЩА ВЗАЄМОДІЯ ЛЮДИНИ І ВУЛИЧНІ ТВАРИНИ**

UDC 72.03:725

**Tiurikova E.N.**

*Ph.D. in Architecture, Assistant Professor,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623*

**Pogorelov O.A.**

*Senior Lecturer,  
ORCID: 0000-0003-0150-043X*

**Titinov V.V.**

*Teaching fellow  
ORCID: 0000-0001-6118-8746*

**Nedoshitko O.M.**

*Senior Lecturer*

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

#### **FORMATION OF THE COMMUNICATIVE AND OPERATIONAL GRAPHIC COMPETENCIES OF THE ARCHITECTURE STUDENTS**

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.9

**Анотация.** Статья посвящена проблеме организации экосистемы города архитектурно-дизайнерскими средствами. Выявлены противоречия и условия совместного обитания в городской среде людей и уличных животных (котов). Исследованы исходные возможности разных типов городской среды (пляжи, традиционный одесский дворик, общественные парки и скверы, современная многоэтажная застройка) в формировании гармонизированного, бесконфликтного взаимодействия людей и животных. Представлены эскизы поиска художественного образа кошачьих поселений (студенческие работы).

**Анотація.** Статтю присвячено проблемі організації екосистеми міста архітектурно-дизайнерськими засобами. Виявлено протиріччя і умови спільного проживання в міському середовищі людей і вуличних тварин (котів). Досліджено вихідні можливості різних типів міського середовища (пляжі, традиційний одеський дворик, громадські парки і сквери, сучасна багатоповерхова забудова) в формуванні гармонізованого, безконфліктного взаємодії людей і тварин. Представлені ескізи пошуку художнього образу котячих поселень (студентські роботи).



**Abstract.** The publication is devoted to the problem of the formation of the communicative and operational graphic competencies of the architecture students. The parallels are drawn between the design and artistic activities of the students. The forms of search and implementation of a creative idea by the graphic means are studied. The paper reveals modern approaches to the professional communication by graphic methods, means of forming environmental mise-en-scenes, featuring the functional and activity, emotional and figurative, etc. components of the architectural concept. The parallels are drawn between the theatrical and scenographic approach, cinema storyboard and the method of featuring sequential environmental impressions in the architectural sketches. The potential of formal art in enhancing the emotional-compositional component of students' works are researched.

*Ключевые слова:* экосистема, архитектурно-дизайнерские средства, условия бесконфликтного взаимодействия, художественный образ фрагмента городской среды, кошацьки поселення, гуманістический подход, городской образ жизни.

*Ключові слова:* екосистема, архітектурно-дизайнерські засоби, умови безконфліктного взаємодії, художній образ фрагмента міського середовища, котячі поселення, гуманістичний підхід, міський спосіб життя.

*Key words:* composition, graphics, artistic image, design, graphic skills, competencies,

The **topicality** is in an attempt to overcome the contradictions between the classical academic art education of the architecture students and the practical needs of their professional realization. The task of providing students with graphical and communicative tools that make it possible to demonstrate the concept in its development, in dynamics, to conduct a professional dialogue by visual means is found and illustrated.

V. Shimko, A. Efimov, A. Ikonnikov, A. Gutnov, V. Glazychev, I. Rozenson [1-8] and others devoted their works to the development of professional competencies of architects-designers. In the field of formation of the artistic and compositional skills an important place is occupied by the works by N. Volkov, Y. Gerchuk, E. Shorokhov, V. Savenkova, G. Beda [9-12], etc. the problems of professional artistic training were studied by E. Belaya, S. Kanivets, L. Masol, T. Mikhova, O. Soroka, O. Khrashchevskaya and others. Their study interests include areas of style formation, art therapy, generation and implementation of aesthetic values, the creative, reconstructive, constructive, representative, personality-oriented, integration, innovation and other types of professional activities of the artist. The competency-based approach to professional training was studied by N. Didus, M. Dobruskin, T. Dolgova, T. Katkova, T. Komarnitskaya, T. Mikhova, O. Shcholokova, E. Tyurikova, etc.

However, the instrumental skills that make it possible to conduct a graphic dialogue, to consider a project idea in the course of its development, to identify the sources and carriers of an artistic image in architecture by graphic-analytical and combinatorial methods, remain unexplored.

This made it possible to formulate the problem, object, subject, purpose and objectives of the study.

The problem is the formation of communicative and operational graphic skills of architecture students.

The object is the professionally important graphic competencies of the architects-designers.

The subject is communicative and operational graphic skills in the professional training of architects-designers.

The purpose is to identify and systematize the communication and operational skills in the professional training of architects.

The objectives:

- to identify the features and problems in the graphic training of the architects;
- to highlight professionally significant graphic skills, the scope of their application;
- to establish means and methods of forming communicative and operational graphic skills of the architecture students.

The professional training is interpreted as readiness to perform the professional functions, readiness for a certain type of activity, provides for the purposeful formation of the necessary qualities. As a result of professional training, a new formation arises - competency, which consists of knowledge, abilities, skills, values and personal qualities, enabling the architect to independently and effectively carry out professional activities. We have identified the structural components of graphic competency based on the desired result, which is determined in accordance with the state standard for training an architect-designer. As part of this study, only those graphic competencies are considered that allow for interpersonal communication, promote dialogics and provide information content and imagery (see Table 1.).

Table 1.

**The structure of professional-graphic competency of an architect-designer.**

General professional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- possession of graphic techniques and materials</li> <li>- feature of the form, volume, space</li> <li>- feature of the nature of the material, manner of execution, texture</li> <li>- using the features of the graphic processing to achieve the planned result</li> <li>- the ability to deal with nature, according to imagination, from memory</li> <li>- compositional skills,</li> <li>- creative skills</li> </ul>
Specialized (architectural and graphic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stylistics and stylization</li> <li>- shaping</li> <li>- conceptual sketching</li> <li>- specifics of the architectural and graphic language</li> <li>- constructive analysis and combinatorics of forms</li> <li>- optical illusions, reflections, special effects</li> </ul>
Communicative-dialogical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- feature of the stages of the design process, analysis, change and range of impressions</li> <li>- achieving interactivity, verbal and graphic interaction</li> <li>- development of dialogics of images, generation and feature of processes, senses, and meanings</li> <li>- use of methods of story boarding, mise-en-scene drawing, scenario modeling of the situations</li> <li>- graphic information skills using the form of comics.</li> </ul>
Emotional and image-bearing	<ul style="list-style-type: none"> <li>formation skills:</li> <li>- artistic dominant</li> <li>- aesthetic tuning fork of the environment</li> <li>- means of identification (national, regional, corporate, etc.)</li> <li>- determinants of an emotional sign</li> <li>- sources and carriers of artistic imagery</li> </ul>

The problem of the formation of the graphic skills of architecture students is considered from different perspectives: the traditional academic approach, the professionally oriented formation of certain visual competencies, and provision of graphic communication tools. All these forms are present in one way or another in the professional activity of an architect. However, the experience of academic work has demonstrated that there is a bias towards academic training, the students do not have enough knowledge of various materials, artistic tools and techniques. The graphic composition and presentation of project ideas, processes, and exploratory sketching cause difficulties. Quick sketches, short-term subject compositions,

foreshortening tasks, and focusing on the chief thing cause difficulties. The task of “thinking by a pencil”, “communicating by a pencil”, conducting a dialogue using images (such as comics or storyboards), working by an active material without using a pencil and an eraser is impossible for many. Potential of collage, installation, happening on the basis of project graphics, etc. are hardly applied in search and design practice. Combinatorial thinking, imagination, imagination, and outlook are poorly developed.

In the course of practical interaction of the design and art academic disciplines, the educational tasks and means of their implementation took shape (see Table 2).

Table 2.

**Coordination of educational tasks of art and project training for 1 and 2 courses.**

	Initial architectural training	Artistic training	Assignments
1	<b>Architectural details and moldings</b>	Constructive and linear drawing, feature of volume by line, chiaroscuro, feature of material properties	1. Optimization of means of expression short-term sketches of fragments of the architectural profiles (a piece of cornice, column caps, balusters, vases, sculptural details, elements of complex shape) without a pencil: ink-brush, or felt-tip pen. 2. The emotional load of the picture. Composition. - a fragment of an architectural monument (advertising postcard) by various art means: watercolor-romantic, stylized as Japanese graphics, old photography or engraving, in the manner of various artists or artistic style (Cezanne, Vann Gogh, Manet, Picasso, ...) 3. Art-translations and art-interpretation of the “architectural profile” in the languages of different arts.
	<b>Orders</b>	Proportioning, mass and detail, shapes and volumes, framing of composition volumes, stylistics and stylization based on classical forms. The line as a means of expression, Complex shape constructive analysis	

			4.also in different materials (wire, concrete, paper, material combinations)
	<p><b>Drawing the facade of an architectural monument as a whole and in details.</b> Wash drawing of an architectural monument</p>	<p>The concept of a whole and parts, mass and detail, the concept of proportions, rhythm, divisions of the whole (plane, surface, volume), the concept of point of view, angle of perception, and scenery spot.</p> <p>The perspective of geometric bodies and their combinations (constructive analysis)</p> <p>Feature of volume by effects of light and shade.</p> <p>Exercise of the plane by tone.</p> <p>Highlighting the foreground.</p> <p>Techniques and materials of manual graphics.</p> <p>Stylization of natural forms, human figures, groups of people</p>	<p>5. Linear sketches of the urban environment fragments (academy courtyard, Odessa courtyard), details of the buildings.</p> <p>6. Facade of a building from the human horizon (division of the plane).</p> <p>7. Perspective of a urban environment fragment. Roofs of the city (bird)</p> <p>8. Sketches of people in the urban environment (outdoor café, bikers, athletes, pensioners, beach goers), multi-figure compositions.</p> <p>9. Perspective futuristic composition based on geometric bodies (space or underwater station). Illustrations of science fiction with architecture, featuring of conventional color and lighting (the purple planet of the four suns).</p> <p>10. Lighting design, shadow show.</p> <p>11. Snap compositions: People (crowd, mass of people from different angles), Transport (bicycles and rollers, carts and trolleys, Odessa trams, in a traffic jam, street parking, in the port, in a yacht club, boats, crafts and paddleboats on beach, trains. Images of the “interior” of the vehicle, from different horizons, in different approximations and angles. Design of the transport of the future (helicopter-steamer)</p>
	<p>Drawing the perspective of an architectural monument Wash drawing of an architectural monument perspective</p>		<p>Shape analysis, Stylization and functional interpretation of the natural motives.</p> <p>Angle, rotation, form forming based on a geometric body.</p> <p>Composition, formal composition, its potential in DAS. Translation from different languages of art ...</p> <p>Form making and stylization based on font.</p> <p>Thematic form and image forming,</p> <p>Light scenario of the interior.</p> <p>Form making based on stairs.</p> <p>Visual effects, means of attracting attention.</p>
2	Traffic stop		
















The table demonstrates that the design practice requires the solution of various artistic tasks: stylization, art-interpretation, combinatorics, shaping, modeling and sketching, work in various materials and techniques, etc.

**Communication and graphic** training is aimed at dialogic skills, its feature is “shotgun” work,

“storyboard” approach, creation of a “design tree” of artistic searches, search shaping, “automated” constructional and light-and-dark cut-off analysis, the use of optimization and stylization methods in composition.

Prototypes and analogs for individual exercises are presented in Table 3:

Table 3.

<b>Prototypes and analogs for individual exercises</b>				Task content
Prototypes and analogs for art-interpretation of the interior stairs				To use the “stair” theme to form an artistic image of the environment, its compositional center or tuning fork.
				
				
Art-interpretation of the identical space by divisions and colors				
			To change the deep composition by various articulations, rhythm, color scheme or the nature of the lines.	
				
Color as a means of shaping. Change of the visual characteristics with color				Concentration of attention, visual deformations, approximation or removal of surfaces and planes.
				
4. Art illusions and deformations, illusionism, real space				Linear illusions. Dissolution of volumes in space. Imitation of space, deformation.
				
5. Graphic and coloristic methods of changing shape and space				



			<p>Arrangement of dynamic space with lines, color, optical illusions.</p>	
<p>6. Stylization of complex voluminous shapes.</p>				
			<p>Form making based on stylization, visual deformation, overlaying an additional theme.</p>	
<p>7. Development of space based on a given structural and compositional scheme</p>				
			<p>To form open and closed spaces based on the identical scheme. To save the "well" theme</p>	
<p>8. Sources of the images - household items.</p>				
			<p>To turn non-artistic forms (household items, plumbing, etc. equipment) into an art object or architectural form</p>	
<p>9. Art-interpretation of materials and textures</p>				
				<p>Formation of volumetric-spatial compositions based on material properties.</p>

Solving problems on these and other themes frees the imagination of students, expands the range of creative searches, forms the "mindset" of the artistic potential of the "out-of-artistic", provides art tools for solving project tasks. However, communicative-

dialogical tasks can be implemented only in the "shotgun" and "one-go" modes.

Students' works (Fig. 1) demonstrate the focus of the communicative graphics.



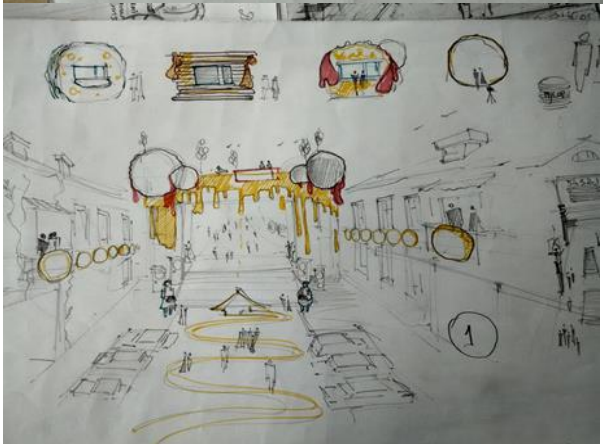
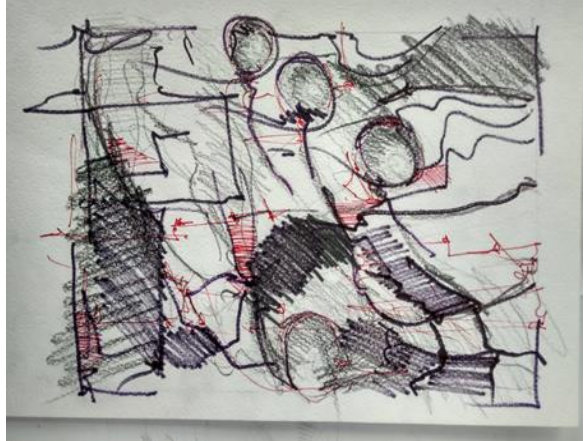
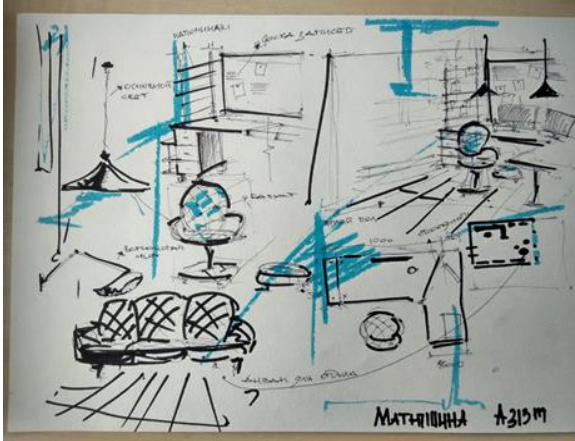




Fig 1. Environment mise-en-scène. "Shotgun" compositions.

**Conclusions.** Thus, the problem of the formation of the communicative and operational graphic competencies of architecture students is solved by: coordinating artistic and project training, setting of general educational tasks, defining long-term tasks and visual priorities, identifying the range of visual tools and methods for mastering it by students in art and project disciplines. In other words, the implementation of a competent approach in professional training.

The paper highlights the professionally important graphic competencies of the architects-designers, demonstrates their place in the system of general graphic competencies. The communicative and operational graphic competencies are developed by the system of visual and creative stimuli and solution of artistic and design problems. The condition for the formation of such skills is the execution of works in the form of "shotgun" composition without preliminary sketches and markings, the image of mise-en-scenes, environmental situations in a simplified stylized presentation.

#### List of references

1. Azizian I.A., Dobritsina I.A., Lebedeva G.S. The theory of composition as the poetics of architecture. M.: Progress-Traditsiya, 2002. 568 p.
2. Anisimov L., Anisimov Yu. Environment design and its place in the training of architects.//The vector of architectural education is rational pragmatism or conceptual fantasies. Materials of the international scientific conference (March 15-16, 2006) - Kazan, 2006.-162 p.
3. Arnheim R. The art and visual perception. Moscow: Progress, 1974. 392 p.
4. Genisaretskiy O.I., Chernevich E.V. Visualistics: on the research and design of visual communication systems. Part 2.M.: All-Union Scientific Research Institute of Industrial Design, 1990. 345 p.
5. Kagan M.S. Artistic development of the world as a syncretic unity of four main types of activity: human activity. Moscow: Political Literature Publishing House, 1974. 250 p.
6. Mikhailov, S.M. Interactivity as a defining feature of the post-industrial society design, URL: <http://knu.znate.ru/docs/index-410452.html>;
7. Morozova M.L. Design as art/ Countryside of the outskirts of Petersburg - 2008 – No. 5 (17) – p. 32-33.
8. Naumova V.I. Modern trends in architectural and artistic creativity and current vectors of the architectural education: thesis, Barnaul: Altai State University, 2011. 198 p.
9. Pavlova V.A. Spatial illusions. Methods of visual correction of the environment: architecture and modern information technologies, Moscow Institute of Architecture Electronic resource. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2009/2kvart09/Pavlova/Article.php>
10. Rosenblum E.A. Artist in design. Experience of the central educational and experimental studio of artistic design in Senezh. Preface by L. Zhadova. - M.: Iskusstvo, 1974. - 176 p.;



11. Tkachev V.N. Architectural design (functional and artistic foundations of design): a tutorial. Moscow: Arkhitektura-S, 2008.

Artistic and design education. All-Union Scientific Research Institute of Industrial Design. - M., 1977, Series: Technical.

12. Chernyshev O. V. Some features of design activities and training of personnel. - In collection:

УДК 72.03:725

**Тюрікова О.М.**

канд. архітектури, доцент,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623

**Погорелов О.А.**

старший викладач,  
ORCID: 0000-0003-0150-043X

**Тітінов В.В.**

асистент кафедри  
ORCID: 0000-0001-6118-8746

**Недошитко О.М.**

старший преподаватель  
Одеська державна академія будівництва та архітектури

## ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ ФОРМАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ В АРХІТЕКТУРНОМУ ДИЗАЙНІ

**Tiurikova E.N.**

Candidate of Architecture,  
Assistant Professor,  
ORCID: 0000-0002-4279-7623

**Pogorelov O.A.**

Senior Lecturer,  
ORCID: 0000-0003-0150-043X

**Titinov V.V.**

Teaching Fellow  
ORCID: 0000-0001-6118-8746

**Nedoshitko O.M.**

Senior Lecturer  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

## PRINCIPLES AND APPROACHES FORMALLY COMPOSITION IN ARCHITECTURAL DESIGN

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.10

**Анотація.** У статті проаналізовано особливості застосування принципів формальної композиції в проектній діяльності архітектора-дизайнера. Відокремлені поняття формальної композиції, формально-композиційного підходу, формально-композиційного принципу. Розкрито характеристику «міра» як всеохоплюючого поняття. Наведено паралелі між дизайнерської композицією та формальною композицією в мистецтві. Проаналізовано та створено підходи до утворення середовищної композиції (сюжетний, монтажний та формальний). Категорії та поняття узагальнено в табличній формі. Зіставлені приклади застосування різних композиційних підходів до розробки торговельних вітрин.

**Annotation.** The article analyzes the features of the application of the principles of formal composition in the design activities of an architect-designer. Separated notions of formal composition, formal compositional approach, formal compositional principle. The characterization of the "world" as an all-encompassing concept is revealed. Parallels are given between design composition and formal composition in art. Approaches to the formation of environmental composition (plot, montage and formal) have been analyzed and created. Categories and concepts are summarized in tabular form. Examples of the application of various compositional approaches to the development of trade showcases are compared.

**Ключові слова:** композиція в архітектурному дизайні середовища, формально-композиційний підхід, композиційна міра, сюжетна, монтажна, формальна композиція, емоційний резонанс, емоційне напруження, категорії композиції, композиційна цілісність.

**Key words:** composition in architectural design of the environment, formal compositional approach, compositional measure, plot, montage, formal composition, emotional resonance, emotional stress, categories of composition, compositional integrity.

**Актуальність роботи:** в пошуках засобів підвищення емоційних впливів архітектурного середовища; застосуванні надбань сучасного

мистецтва в середовищному проектуванні; дослідженні проблеми середовищної композиції з позицій формально-композиційного підходу;

екстраполовання композиційних засобів нефігуративного живопису в царину середовищного дизайну.

Різні аспекти проблеми підвищення виразності архітектурного середовища, його емоційної напруженості, формування певного знаку та атмосфери розглянуті в працях І. Азизян, В. Шимко, І. Розенсон, С. Михайлова, А. Іконнікова та ін. [1,7,13]. Композицію в архітектурному дизайні досліджували з позицій середовищного, драматургічного, загально художнього підходів [1,4,8,15]. Понятійний апарат дослідників майже не виходив за межі загальноприйнятої термінології. Між тим, поза увагою фахівців залишилися надбання в царині не фігуративного живопису та дизайну (Н. Дегтянникова, О. Чернишов, Е. Жердев, О. Чепурова, І. Ли, С. Шлеюк та ін..) [5,18]. Виниклі протиріччя між широким застосуванням в проектній практиці засобів сучасного авангарду та дизайну, запозичення їхніх методів та художньої мови та недостатньою теоретичною проробкою цих проблем. Дана робота з спробою теоретично обґрунтувати запозичення надбань формальної композиції в царині середовищного проектування.

**Об'єкт дослідження** - формальна композиція, формально-композиційний підхід в середовищному проектуванні.

**Предмет дослідження** - можливість та форми екстраполовання теорії формальної композиції в проектну практику ДАС.

**Мета:** розширити понятійний апарат та діапазон проектних можливостей в царині середовищної композиції за рахунок застосування формально-композиційного підходу в ДАС.

**Завдання:**

- проаналізувати теоретичні джерела з проблем композиції, виокремити особливості формальної композиції та сферу її застосування в ДАС;

- дослідити та узагальнити понятійний апарат середовищної композиції з позицій формально-композиційного підходу;

- навести приклад застосування формально - композиційного підходу щодо підсилення художньо-емоційних впливів архітектурного середовища.

Композицію в дизайні архітектурного середовища досліджували Антонов В. (композиція міського середовища), Бунін А., Круглова М. (композиція міста), Габрічевський А. (співвідношення простору та маси в архітектурній композиції), Єфімов А. (композиційні колористика та формоутворення) та ін. Особливості сприйняття та джерела емоційних впливів розкрити Арнхеймом Р. (візуальне сприйняття), Беляєвою Е. (особливості сприйняття простору), Забельшанським Б. (емоційні впливи), Салмінім Л., Уцеровською О. (знакова цілісність), Іконніковим А. (естетичні цінності предметно-просторового середовища) та ін.[7,14]. Досліджені естетична організація форми в ДАС, особливості композиційного формування об'єктів дизайну

[6.17]. Композиційне формоутворення в ДАС розкривається через рівні середовищної мови (елементи архітектурного простору, елементи значущої організації простору, поєднання окремих частей та утворення синтагм (мовних знаків)), морфологічні трансформації, які переходять в середовищні метафори на вищому щаблі проектування та сприйняття композиції. Відокремлені такі категорії архітектурної композиції як простір, маса, світловий потік, просторова структура і тектоніка, просторове тіло, конструктивні рівні тощо. Названі засоби гармонізації: метр і ритм, модуль, пропорціонування, масштабність, та ін. [17]. Досліджені поняття «середовищ ний ансамбль», «композиційний вузол», «інтегральна композиція». Композиційну структуру трактують через поняття: доміанти, акценти, фон, вісі, тема, ідея, композиційні зв'язки, архітектурно-дизайнерський каркас. Відокремлені формальні та змістовні класи композиційних завдань. Встановлено, що середовищ ний підхід до композиції акцентує увагу на сценарному моделюванні середовищ них процесів. Вивчене оточення як об'єкт художньої творчості. В процесі дослідження: візуальне сприйняття, його чуйні та асоціативні аспекти, джерела поведінської, естетичної, емоційної реакції; інформаційні сигнали, візуально-конфліктні ситуації, динамічність композиційної структури, композиційні схеми, сюжети та розподіл середовищ них ролей. За ствердженням Шимко В., архітектор призначає «героями» - доміантами середовищної композиції будь-які емоційно-образні «характери» (носії зорового відчуття), довільно комбінує мізансцени та функціональні епізоди, які відтворюють певний образ - середовищ ний спектакль. Композиційні варіанти створюються методами: перерахунку, розвитку, протиставлення та ін.

За сучасними підходами до теорії композиції - не існує нічого, що неможливо організувати за законами художньої доцільності; явище композиції трактують як не лише матеріальне, але і загальне, яке має невізуальний зміст [19]. Термінологічний апарат розширюють за рахунок понять: орієнтуєче русло, напруженість, естетичне поле, кумулятивний ефект, композиція тимчасових станів. В композиційному формоутворенні самоцільності набувають привабливості та інтуїтивності самого процесу. Метою називають його духовно-естетичний потенціал, відчуття, настрої споживачів, просторову динаміку форм, мобільність світло-кольорових обставин сприйняття тощо. Це надає нам можливість провести паралелі з нефігуративною композицією в мистецтві, розглянути середовищну композицію з позицій *формального підходу*. Сутність підходу (за І. Ли) в тому, що незважаючи на те, що форма взаємопов'язана зі змістом, можливо відділення форми від змісту шляхом заміни реалістичних об'єктів формальними (або абстрактними), але так,

щоб формальна композиція висловлювала ідею і художньо-образний задум через:

- характеристики і властивості елементів композиції;
- структурну організацію елементів композиції.

Внаслідок та в процесі композиційної діяльності, утворюються певні емоції. Тобто, композиційна діяльність при формально-композиційному підході сама є процесом продукування емоцій.

За загально-науковим підходом, поняття композиції має триєдине трактування: як твору; як особливої форми структурної організації матеріалу; як творчого процесу [18]. В творі втілюються об'єкт, суб'єкт, предмет, мета, метод, умови, засоби, процедури, продукт, результат композиційної діяльності. *Композиція як твір* є похідне від процесу цілеспрямованого застосування формотворчих чинників і свідомого використання необхідного арсеналу засобів художньої виразності. *Композиційна цілісність* є особливою формою зорової організації, втіленням в творі змісту її категорій і понять. Багатство і цілісність композиційного змісту зумовлюють

багатство і цілісність композиційної форми. *Структурна складність* залежить від різноманітності законів, принципів, методів і засобів композиційної організації, застосованих для досягнення того рівня гармонійності всіх елементів матеріалу, при якій вони перетворюються з сукупності в цілісну систему, де немає нічого зайвого, чужорідного і ізольованого. *Композиції як творчий процес* (за В.Левіним) - процес створення нової цінності, якої раніше не існувало. Визначається цілями (створення цілісності як нового системної якості), методами (синтезу понятійно-логічного, художньо-образного та матеріально-технічного), принципами (методології художньо-проектної організації штучних систем), засобами. (художньо-образним, композиційно-виразним, матеріально-технічним). Відокремлюють [17,18] такі *характеристики композиції*: гармонійність, єдність, цілісність, співмірність, зв'язаність, підпорядкованість. Загальне виступає як закон, принцип і механізм, породження самих цих характеристик. Таблиця 1 вміщує та систематизує розширений та збагачений понятійний апарат категорії «композиція».

Таблиця 1.

## Узагальнений понятійний апарат середовищної композиції

КОМПОЗИЦІЯ						
твір- похідне від процесу застосування формотворчих чинників композиційної цілісності і використання засобів художньої виразності						
особа форма структурної організації художнього матеріалу						
творчий процес						
Типи		Закони		Віди		
відкрита	закрита	доцільність	гармонійність	фронтальна	об'ємна	об'ємно-просторова
				сюжетна	монтажна	формальна
Принципи						
художньо-композиційного формоутворення матеріальних, знакових і процесуальних систем		Категорії і характеристики		Підходи і методи		Критерії і показники
формалізації	функціональність	рівновага		Синтез образного і логічного		тотожність емоційно-чуттєвості реакції при сприйнятті
образної активізації	конструктивність	супідрядність		художньо-проектна організація		
комбінаторики	економічність	повторення цілого в його частинах		синтез понятійно-логічного, художньо-образного і матеріально-технічного.		
стилізації	технологічність	співрозмірність				
трансформації	гнучкість	єдність				
тектоніки,	гармонійність	якісна і кількісна міра				
споживчої функції	пов'язаність					Єдність форми і змісту
Властивості			Якості			
динамічність-статичність	простота складність	масивність просторовість	масштабність	структурність	тектоничність	образність



Пасивність-активність			візуальна цілісність	естетичная самоцінність, художньо-образний сенс.	Єдність форми та змісту	богатство і цілісність
Засоби			Прийоми			
форма	художньо-образні,		контраст-нюанс			
колір	композиційно-виразні,		симетрія-асиметрія			
фактура	матеріально-технічні		стилізація			
ритм			трансформація			
пропорції			групування			
пластика						
Базові поняття формальної композиції			Міра			
композиційна активність і її спрямованість			Функції	Об'єднуючий фактор	Рівні вмісту композиційної міри	
силові лінії і силове поле			ціннісно-естетична	<i>Якості властивості ознаки сутнісні характеристики,</i>	якісна	
ілюзорний просторовий зв'язок			операційно-діяльнісна	<i>Закону принципу категорії поняття механізму реалізації</i>	кількісна	
позитивний і негативний простір			конструктивно-творча	<i>акта творчого прояву емоційно-почуттєвої енергії художника,</i>	співрозмірність	
емоційний стимул і емоційний резонанс						
структура композиційних зв'язків та відносин						
внутрішній енергетичний емоційно-почуттєвий потенціал						
<b>МЕТА - УТВОРЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ЯК НОВОЇ СИСТЕМОЇ ЯКОСТІ</b>						

**Формальну композицію** називають граничною формою свободи творчості, ("твір" розуміється як подія з цілеспрямованого ведення повноцінного композиційно-творчого процесу). Загальним всеохоплюючим поняттям формальної композиції О. Чернишов [18] називає **міру**. *Міра* є тим, що лежить в основі: кожної якості, властивості, ознаки або сутнісної характеристики композиції як втіленої гармонії (*ціннісно-естетична функція міри*); кожного закону, принципу, категорії, поняття або механізму як суті процесу її реалізації (*операційно-діюча функція міри*); кожного акту прояву емоційно-чуттєвої енергії художника; породжує композиційну гармонію (*конструктивно-творча функція міри*). Стратегія руху від загального (міра) до окремого (різноманітних форм вирішенні конкретних завдань художньо-композиційного формоутворення) будується, виходячи з принципу ієрархічного взаємозв'язку трьох основних рівнів - фундаментальних понять [18]: *якісна міра, кількісна міра і співмірність*. *Кількісна міра* передбачає практичне виявлення складу і діапазону засобів утворення композиції. Поняття *якісної міри* розкривається через конкретний зміст характеристик: зорова цілісність, художня виразність та естетична цінність. Це взаємозв'язок внутрішнього (структура) і зовнішнього (функція)

в композиції, що регулюється законом, який задає межі якісних і кількісних змін композиції в цілому і кожного її елементу зокрема. Застосування поняття «міри» в царині середовищного дизайну надає можливість організації цілеспрямованої, контрольованої, з прогнозованим результатом, художньо-композиційної діяльності.

Спільним поняттям середовищного та формально-композиційного підходів є поняття *візуальних комунікацій*. Визначено *три фундаментальних складових* цього процесу:

- цілі і змісту візуального повідомлення;
- тип сприйняття візуальної інформації споживачем;

- форми організації носія візуальної інформації.

Форма організації носія інформації є інтегральною, втілює властивості двох інших складових комунікативного процесу, виступає безпосереднім виразником їх взаємовідносин, для забезпечення яких потрібні певні художньо-композиційні принципи і засоби. Основним типам візуальних комунікацій відповідають *віди композиційної організації* художньо-осмисленого простору: *сюжетний, монтажний формальний* [8]. О. Чернишовим проаналізовані та зіставлені особливості цих композиційних підходів. **Сюжетні композиції** будуються на принципах літературного оповідання або театрального

спектаклю, в якому беруть участь певні персонажі. Сприйняття «персонажів» вимагає своєрідного «прочитання», «усвідомлення» зв'язків між ними і визначення ролі кожного в цих відносинах. Сюжетна композиція передбачає послідовне, упереджене, зацікавлене сприйняття; тут завжди присутній момент порівняння, зіставлення, бажання розглядати, вникати в зміст, прагнення зрозуміти суть. Значимість такої композиції в її подійності. В середовищному проектуванні такі композиції утворюються завдяки драматургічному підходу, середовищної сценографії. Фабула задана, глядач або відокремлює себе від цього спектаклю життя, спостерігаючи його ззовні, або приймає участь, відігравая задану роль. За задумом проектувальника - режисера середовищного життя, може здійснюватися зміна ролей середовищ них акторів, різноманітні середовищні сюжети можуть сприйматися одночасно і ззовні і з середини. Візуальні вісі відіграють роль сюжетної фабули, забезпечують послідовність середовищ них вражень.

Зовсім інший, прямо-протилежний тип сприйняття передбачає *монтажна композиція*. Це - констатація візуального факту, фіксація уваги на данності, однозначності, завершеності та самодостатності. Якщо сюжетну композицію «розглядають», «прочитують», «простежують», то монтажна композиція сама «кидається в очі», впливає як спалах, команда, сигнал - одномоментно і одночасно. Вона звернена не до почуття, а до ока з метою його активного, цілеспрямованого збудження, сприймається як єдиний акорд, не передбачає проникнення погляду у внутрішню структуру. Принцип монтажно організації використовується для досягнення найбільшої стабільності, самостійності, індивідуальної значущості візуальних форм, складання з них «групового портрету» у якому ніхто не повинен «заважати» один одному. Це вид композиційної організації, який ототожнюється з поняттям компонування, складання, з'єднання. Цей підхід в середовищному проектуванні спрямовано на досягнення емоційної визначеності - в меморіальних комплексах, адміністративних та культових об'єктах тощо. В архітектурному середовищі також однозначно сприймаються знаки орієнтування, інформації та реклами, монументальної пропаганди, засоби обслуговування. Це - об'єкти - команди: стій, купуй, повертай направо, руш швидко, дивись вгору тощо.

Принципи організації і характер сприйняття *формальної композиції* відрізняються тим, що в її основі лежить не розповідь і не констатація факту, як в перших двох, а сам процес становлення, породження художності візуальної форми в єдності з її емоційно-чуттєвим змістом. Композиційний процес тут підпорядковується:

- не логіці сюжетного оповідання про відносини зовнішніх для глядача персонажів,

- і не закону контрастного протиставлення візуального факту, де глядач виступає в ролі реципієнта,

- а саме принципом тотожності, відповідності чуттєвому переживанню людини, втіленню цього почуття у візуальну художню форму.

Дослідники наголошують, що якщо сюжетна композиція будується як візуальне відображення почуття гармонії, то *формальна композиція* - як *візуальне втілення гармонії самого художньо-композиційного почуття*.

*Принцип формальної організації* ґрунтується на емоційно-чуттєвому механізмі. За композиційним змістом і художньою формою він являє із себе візуальне відображення художньо-образних явищ внутрішнього світу художника [18]. Тому композиція, яка будується на принципах формальної організації, вимагає цілісного, органічного бачення, тонкого емоційного управління процесом взаємопроникнення, взаємоперетворення елементів композиції, розуміння і відчуження їх як рухливих, мінливих за композиційною активністю *«зон концентрації емоційної енергії»*, здатних то «розчинятись» до стану нерозрізненності, то «ущільнюватись» до ступеня фізичної матеріальності. Композиція, побудована на принципах формальної організації, відрізняється плинністю, пластичністю, «пульсуючою» лінійною безперервністю, єдністю і нероздільністю як цілісний живий організм, який існує в своєму природному, багатовимірному просторі. Загальна організація композиційного твору будується відповідно до поняття *«емоційний резонанс»*. Поняття «кількісна міра» тут пов'язане з візуальним вираженням та діапазоном внутрішньої активності кожного елементу, вимагає забезпечення їхньої взаємозамінності без шкоди для змісту, втрати "виразної потужності". Композиційні зв'язки і відносини носять не механічний, а чуттєво-образний характер і реалізуються за допомогою «силових ліній» і «силових полів», що мають певну спрямованість, інтенсивність, розміреність, зони дії. В середовищному проектуванні формально-композиційний підхід вимагає того, що перш ніж визначити пропорції, розмір та орієнтацію конкретного "життєвого простору" майбутньої композиції, необхідно заздалегідь образно і наочно уявити собі і глибоко відчутти його загальний емоційний лад, складність і характер динаміки *силових ліній* і активність *силових полів*, які наповнюють життям композицію і надають їй художньо-виразний сенс. Діяльність споживача та його сприйняття себе як частини композиції впливають на зміну характеристик фрагменту композиції, його емоційну складову. Йде одночасний процес взаємовпливів середовища та споживача, обмін емоційно-естетичними цінностями.

Чернишов О. [18] розводить *поняття «формальна композиція» і «принцип формальної організації»*. В першому випадку «формальність» композиції передбачає відволікання, абстрагування

від будь-яких смислів і значень, що не відносяться до організації самої художньо-композиційної форми. «Принцип формальної організації» це лише окремий випадок композиційної організації поряд з сюжетним і монтажним. Всі типи середовищної композиції визначаються мірою відносин якісних характеристик: зорової цілісності (як типом сприйняття), художньою виразністю (пов'язаною з організацією форми носія) і естетичній цінності (пов'язаною зі змістом і метою візуального повідомлення). Завдяки такому співвідношенню можна легко "перекинути місток" між: видами композиції і принципами організації; модифікаціями процесів візуальної комунікації. Принципи композиційної організації можуть застосовуватися комбіновано, охоплюючи собою різні рівні композиційного процесу. Це залежить як від його складності, так і від тих цілей, які ставить перед собою проектувальник. Наприклад, при одночасному використанні принципів сюжетної і монтажної організації, один з них буде задавати відносини "зміст - форма" композиційного матеріалу, а інший - зміст і форму його сприйняття. Відповідно можуть поєднуватися усі інші принципи, складаючи найрізноманітніші комбінації. Отже, виходячи з цілей і змісту теми, що проробляється, архітектурно-дизайнерські композиції можуть будуватися на монтажно-

сюжетному, формально-сюжетному та інших підходах, що в формально-композиційної термінології відповідає поняттям **емоційного резонансу і емоційного стимулу**. Твір середовищного мистецтва в такому разі виконує символічну і емотивну функції певної знакової системи. Характер візуального сприйняття такого середовища може бути як одномоментно-цілісний, так і поелементно-последовний.

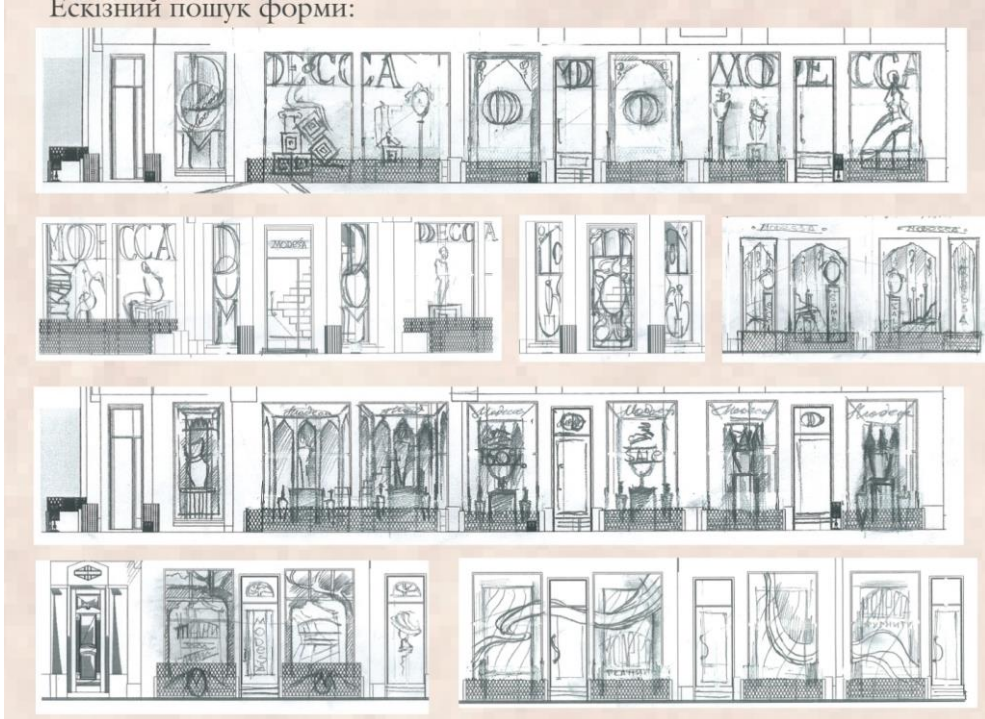
Рис.1 ілюструє різницю в побудові композиції торговельної вітрини на різних принципах (на прикладі студентських робіт). На малюнках представлена робота з масштабом та ритмічною організацією, пошук засобів концентрації уваги. Сюжетний та сюжетно-монтажний принцип більше відповідають інформаційним вимогам, але програють в емоційному посиленні, асоціативності, в структурно-композиційному потенціалі (можливо заміщення формальних елементів конкретними складовими, що рекламуються, введення символів, знаків, шрифтів та текстів до структури композиції; можливі зміни тональних та кольорових комбінацій, що сприятиме зміні емоційної насиченості тощо), активності та динаміці зорового сприйняття. Тому формально-монтажний принцип побудови торговельних вітрин має потенціал розвитку та вимагає окремого розгляду, практичної апробації та теоретичного дослідження.



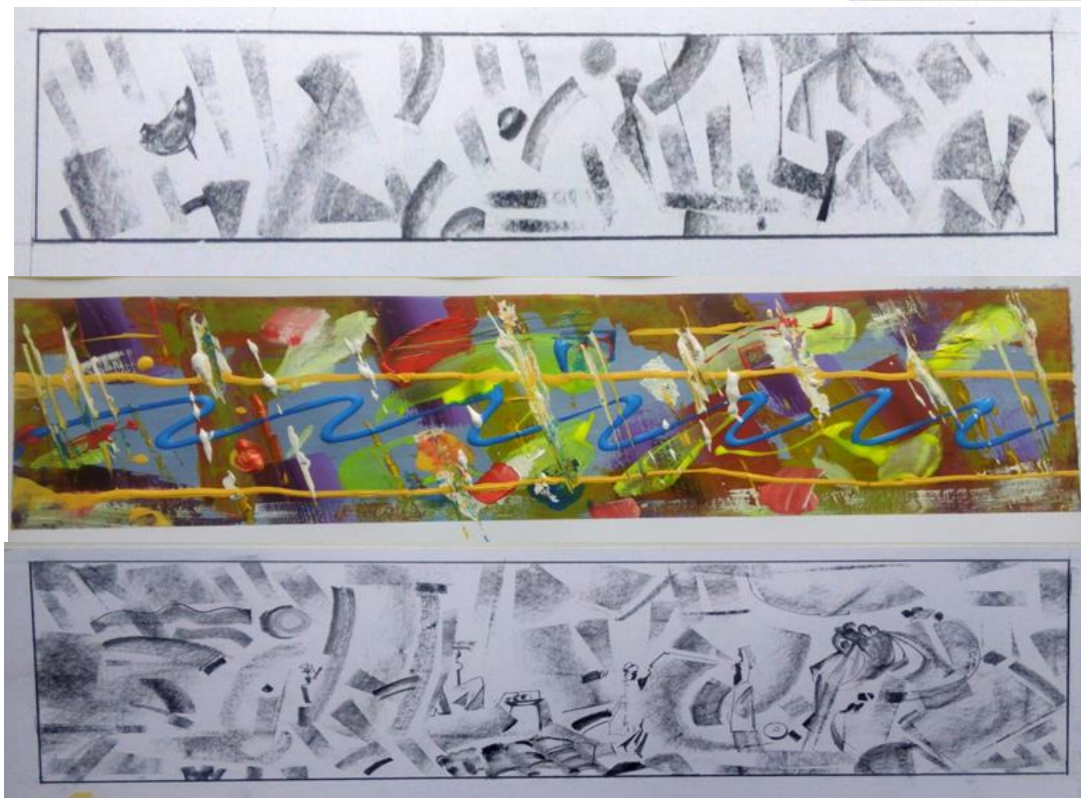
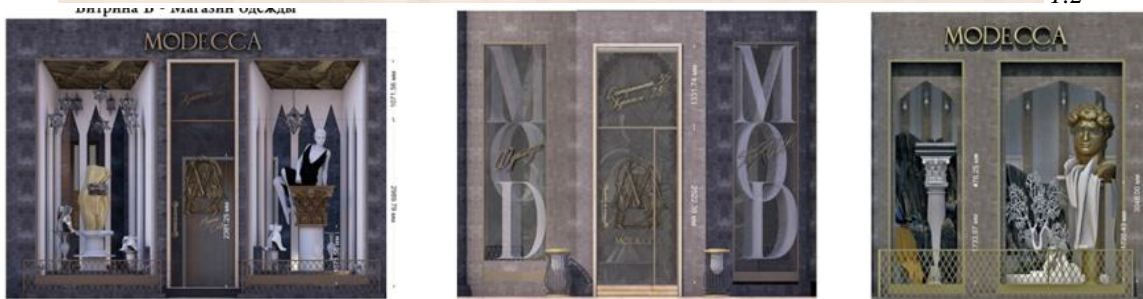
Рис.1. Застосування різних композиційних принципів побудови торговельної вітрини 1.1.вихідні параметри вітрини

- 1.2.побудова композиції на сюжетно-монтажному принципі  
1.3.застосування формально-композиційного підходу

ЕСКІЗНИЙ ПОШУК ФОРМИ:



1.2



1.3



**Висновки:** Досліджені та розведені поняття формальна композиція, формально-композиційний підхід в середовищному проектуванні. «Формальність» композиції передбачає відволікання, абстрагування від будь-яких смислів і значень, що не відносяться до організації самої художньо-композиційної форми. Формальна композиція є візуальним втіленням гармонії художньо-композиційного почуття. Загальною категорією формально-композиційного підходу є категорія міри, яка виступає в трьох формах (якісна, кількісна та співмірність). Понятійний апарат формальної композиції включає поняття емоціонального стимулу та резонансу, зона концентрації емоційної енергії, силові лінії та силові поля тощо. «Принцип формальної організації» це лише окремий випадок композиційної організації поряд з сюжетним і монтажним. Ці принципи забезпечують особливості сприйняття композиції, візуальних комунікацій, можуть складатися в різноманітні комбінації. Загальною категорією формально-композиційного підходу є категорія міри, яка виступає в трьох формах (якісна, кількісна та співмірність). Застосування формально-композиційного підходу та його ускладнених комбінацій в архітектурному дизайні розширює діапазон проектних можливостей за рахунок свідомого управління емоційною складовою середовища, формування його знаку та системи впливів на споживача.

Можливість та форми екстраполювання теорії формальної композиції в проектну практику в ДАС проілюстровано на прикладі утворення композиції торговельної вітрини. Зіставлено результативність та творчий потенціал різних підходів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Азизян И.А., Добрицына И.А., Лебедева Г.С. Теория композиции как поэтика архитектуры. М.: Прогресс-Традиция, 2002. 568 с.
2. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. М.: Прогресс, 1974. 392 с.
3. Генисаретский О.И., Черневич Е.В. Визуалистика: об исследовании и проектировании систем визуальной коммуникации. Ч. 2. М.: ВНИИТЭ, 1990. 345 с.
4. Голубева, О.Л. Основы композиции / О.Л. Голубева. М.: Искусство, 2004. – 120 с.
5. Дегтяникова, Н.И. Эвристические методы в исследовании композиции произведений изобразительного искусства: автореф. дис. ... канд. искусствоведения / Н.И. Дегтяникова. – СПб., 2004. – 20 с.
6. Добрицына И.А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре: архитектура в контексте современной философии и науке. М.: Прогресс-Традиция, 2004. 416 с.
7. Дизайн архитектурной среды.: Учеб. для вузов/Минервин Г.Б., Ермолаев А.П., Шимко В.Т., Ефимов А.В., Н.И. Щепетков, А.А. Гаврилина, Н.К.Кудряшов - М.: Архитектура-С, 2007 -504с.;
8. Жмурко Ю.В., Панова Л.П. и др. Методические указания к изучению курса "Архитектурная композиция. Композиция-восприятие". Часть 2. - Харьков: ХДАМГ, 2002. - 60 с.
9. Забельшанский Г.Б. и др. Архитектура и эмоциональный мир человека. М., Стройиздат, 1985.
10. Ковешникова, Н.А. Дизайн: история и теория [Текст]: учеб. пособие Для вузовархитектур. И дизайн. специальностей / Н.А. Ковешникова. – М.: Омега-Л, 2008. – 223 с.
11. Кудин, П.А. Психология восприятия и искусство плаката / П.А. Кудин, Б.Ф. Ломов, А.А. Митькин. –М.: Плакат, 1987. – 208 с.
12. Мелодинский Д.Л. Школа архитектурно-дизайнерского формообразования. М., 2001. 310 с.
13. Михайлов, С. М. Интерактивность как определяющий признак дизайна постиндустриального общества, URL:<http://knu.znate.ru/docs/index-410452.html>;
14. Наумова В.И. Современные тенденции архитектурно-художественного творчества и актуальные векторы архитектурного образования: дис. Барнаул: Алтайский государственный университет, 2011. 198 с.
15. Панова Л.П., Шубович С.О. Методические указания к изучению курса "Архитектура композиция. Композиция-восприятие". Часть 1. - Харьков: ХДАМГ, 2001. - 60 с.
16. Раппопорт А.Г. Архитектура и эмоциональный мир человека. Эмоции и профессиональное сознание архитектора. М., 1985. 245 с.
17. Устин, В.Б. Композиция в дизайне. Методические основы композиционно-художественного формообразования в дизайнерском творчестве [Текст] : учеб. Пособие для вузов по специальности "Дизайн" / В.Б. Устин. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 239 с.
18. Чернышев О.В. Некоторые особенности дизайн-деятельности и подготовка кадров. — В сб.: Художественно-конструкторское образование. Тр. ВНИИТЭ. — М., 1977, Сер.: Техническая эстетика, вып.10.
19. Шимко В.Т. Архитектурно- дизайнерское проектирование. Средовой поход. - М.:Архитектура-С, 2006.-384с.;
20. Шлеюк, С.Г. Художественный образ и композиция в дизайне мебели периода XVIII – начала XXI веков: автореф. дис. ... канд. искусствоведения / С.Г. Шлеюк. – М., 2005. – 26 с.
21. Эстетические ценности предметно-пространственной среды. Под ред. А.В.Иконникова. М. Стройиздат, 1990.

Nguyen Van Bang, Dang Cong Vu, Vu Quang Luong  
Air Defence - Air Force Academy,  
Ha Noi, Viet Nam

## APPLICATION OF LEARNING FEED-FORWARD CONTROLLER BASED ON MODEL REFERENCE ADAPTIVE SYSTEM FOR MISSILE STABILIZATION

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.11

**Abstract.** The article presents the results of research, analysis and how to build learning feed-forward controller based on model reference adaptive system in the remote control loop for missile stabilization. The controller structure is simple, adaptive control law applying Lyapunov stability theory fast convergence and sustainable. The simulation results have shown the advantages of using algorithm, the missile is always stable when there is a parameter change due to the effects of flight conditions.

*Keywords:* Learning feed-forward controller, Model reference adaptive system, Missile, Stabilize.

### 1. INTRODUCTION

The nature of applying an adaptive control system according to a reference model is to design the controller so that the system to achieve the desired properties given by a mathematical model (reference model) [2]. When the properties of the real system different from the ideal properties of the reference model, the system is changed by adjusting the parameters of the controller or create additional sub-signal [1].

The learning feed-forward controller is based on a model reference adaptive system capable of automatically adjusting the parameters of the controller

according to the tendency to bring error ( $e$ ) between the reference model and the process (missile) forward gradually go to zero. The advantages of this controller are fast adaptive speed, high stability and less sensitivity to noise [1, 2].

Missiles in the remote control loop is kinetic stage with change parameters, and therefore need to be stabilized. The change in the missile normal accelerations depends on the wing deflection angle in groove nod described by the transmission function [3, 4, 5, 6]:

$$K_p(p) = \frac{K_p \frac{V_p}{T_V}}{T_p^2 p^2 + 2\xi_p T_p p + 1} \quad (1)$$

Inside;  $K_p$  - Transfer coefficient of the missile

$V_p$  - Missile velocity

$T_p$  - Time constant

$\xi_p$  - The attenuation coefficient fluctuates individually

$T_V$  - Aerodynamic time constant

$T_V$  depends on the aerodynamic arrangement of the missile, the geometrical and aerodynamic characteristics of the missile's elements. They change with flight conditions (altitude, velocity, change of attack angle ...) [5, 6]. In particular, the  $\frac{V_p}{T_V}$  coefficient varies greatly, depending on the dynamic pressure and make amplification coefficient of the control system also change within a wide limit.

There have been a number of articles providing solutions to stabilize the missile by application of classical control theory [5]. However, only response within a certain range the dependence of the open control loop gain on the aerodynamic pressure [5]. Stabilizing the missile stage parameters requires complex equipment, multiple sensors, each parameter needs a separate stabilizer [4, 6]. Although stable solutions have been implemented, but in actual the missile stage parameters still change, so the quality of the control loop will decrease, the missile stage parameter is different from the calculated parameters [5, 6].

There have been a number of articles providing solutions to stabilize the missile by application of adaptive control theory [1, 2]. However, the solutions proposed today mainly use the feedback linearization method, complex stability algorithm, which requires many measuring set (or evaluation) of the missile's kinematic parameters [1, 4]. Therefore, the realization of the algorithm is very difficult.

Seeing that, to improve the accuracy of destroying the target, the missile needs to be stable during flight. Therefore, the article proposes how to stabilize the missile on the application of learning feed-forward controller based on model reference adaptive system. The controller has a simple structure, the law adapted fast convergence and sustainable. Algorithm is verified through simulation, has reliable results and is able to realize the algorithm in current technological and technical conditions.

### 2. DESIGN ADAPTIVE LEARNING FEED-FORWARD CONTROLLER ACCORDING TO THE REFERENCE MODEL

The structure depicted in figure 1 can be used as an model reference adaptive system [1, 2]. The process has a mathematical model of the second order, which is controlled with the help of the learning feed-forward controller. The parameters of this controller are  $a_m, b_m, c_m$ . The change parameter of the process

(missile) is  $a, b, c$ . Normal acceleration requires of the missile stage input is  $a_r$  (control signal).

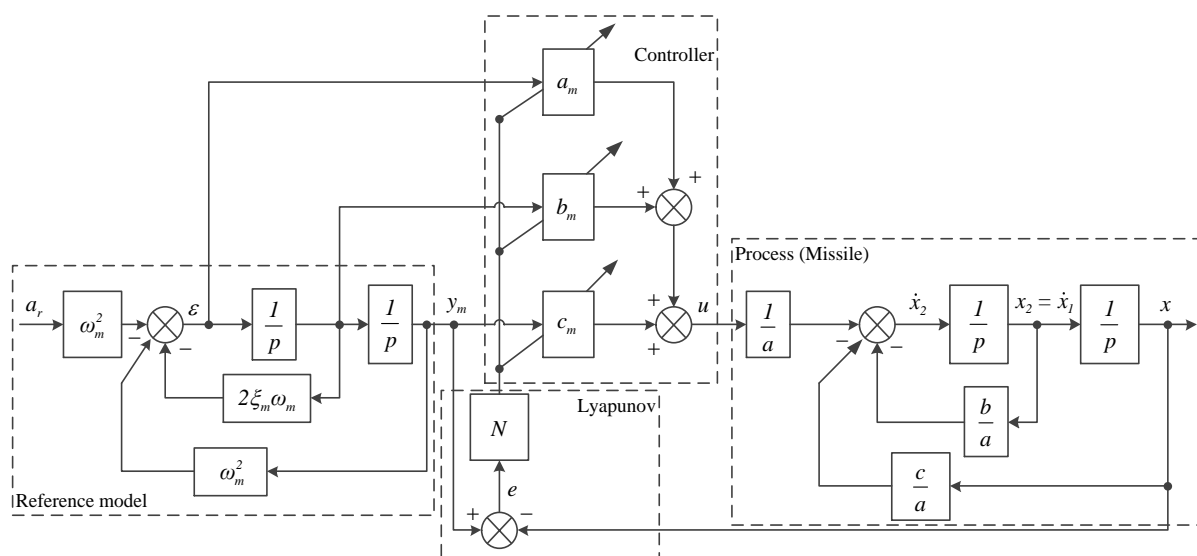


Figure 1. Structure diagram of process, reference model, learning feed-forward controller

The reference model is described by:

$$\frac{y_m}{a_r} = \frac{\omega_m^2}{p^2 + 2\xi_m \omega_m p + \omega_m^2} \quad (2)$$

The process is described by:

$$\frac{x}{u} = \frac{K_p}{T_p^2 p^2 + 2\xi_p T_p p + 1} = \frac{1}{a.p^2 + b.p + c} \quad (3)$$

$$\text{With } a = \frac{T_p^2}{K_p}, \quad b = \frac{2\xi_p T_p}{K_p}, \quad c = \frac{1}{K_p}.$$

Represents process as a state variable:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -c/a & -b/a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/a \end{bmatrix} u = Ax + Bu \quad (4)$$

$$\text{With } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -c/a & -b/a \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/a \end{bmatrix}.$$

By means of a learning feed-forward controller, the state variable filter output signals can be used to create an inverse model of the process. We need to define the operating principle based on the errors between the output of the reference model ( $y_m$ ) and the output of the process ( $x$ ), and adjust the parameters  $a_m, b_m$  and  $c_m$  so that they converge according to the parameters of process  $a, b$  and  $c$  respectively.

This shows that we can use the approach by classic Lyapunov stability theory to find the law of adaptation for the learning feed-forward controller parameters.

- Step 1: Determine the differential equation for  $e$   
Represent the reference model as a state variable:

$$\dot{y}_{m1} = y_{m2}; \quad \dot{y}_{m2} = \varepsilon \quad (5)$$

$$\dot{y}_m = \begin{bmatrix} \dot{y}_{m1} \\ \dot{y}_{m2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \varepsilon = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \varepsilon \quad (6)$$

Therefore, the design problems posed are: Find (stabilize) the adjustment law for the adjustment parameters  $a_m, b_m$  and  $c_m$  so that the error between the reference model ( $e$ ) and the process progresses to 0, and adjust the parameters  $a_m, b_m$  and  $c_m$  so that they converge according to the parameters of process  $a, b$  and  $c$  respectively. Steps to design the controller adapted with Lyapunov stability theory as follows:

Represents a process as a state variable:

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (7)$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{c}{a}x_1 - \frac{b}{a}x_2 + \frac{1}{a}(c_m y_{m1} + b_m y_{m2}) + \frac{1}{a}a_m \cdot \varepsilon \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a} & \frac{b_m}{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \varepsilon \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a} & \frac{b_m}{a} \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \varepsilon \end{aligned} \quad (9)$$

With error  $e$  is determined by the following formula:

$$e = y_m - x \quad (10)$$

$$\dot{e} = \dot{y}_m - \dot{x} \quad (11)$$

Replace (6) and (9) in to (11) we have:

$$\begin{aligned} \dot{e} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a} & \frac{b_m}{a} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \varepsilon \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a} & \frac{b_m}{a} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \varepsilon \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c}{a} - \frac{c_m}{a} & \frac{b}{a} - \frac{b_m}{a} \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} (y_m - x) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \varepsilon = A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{With } A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c}{a} - \frac{c_m}{a} & \frac{b}{a} - \frac{b_m}{a} \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a} \end{bmatrix} \quad (13)$$

- Step 2: Select the Lyapunov  $V(e)$  function [1, 2]

$$V(e) = e^T N e + a^T \alpha a + b^T \beta b \quad (14)$$

Inside,  $N$  - Symmetric matrix is determined arbitrarily positive.

$a$  and  $b$  - The vectors contain nonzero elements of matrices  $A_1$  and  $B_1$ .

$\alpha$  and  $\beta$  - The diagonal matrix contains the elements that determine the adaptation process speed.

- Step 3: Determine the conditions for function  $\dot{V}(e)$  to determine negative

$$\begin{aligned} \dot{V}(e) &= (A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon)^T \cdot N \cdot e + e^T \cdot N \cdot (A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon) + 2\dot{a} \cdot \alpha \cdot a^T + 2\dot{b} \cdot \beta \cdot b^T \\ &= (A_2 e)^T \cdot N \cdot e + e^T \cdot N \cdot A_2 \cdot e + 2e^T \cdot N \cdot A_1 \cdot y_m + 2\dot{a} \cdot \alpha \cdot a^T + 2e^T \cdot N \cdot B_1 \cdot \varepsilon + 2 \cdot \dot{b} \cdot \beta \cdot b^T \end{aligned} \quad (15)$$

From [1, 2]:  $A^T N + N A = -Q$  either  $(A_2 e)^T \cdot N \cdot e + e^T \cdot N \cdot A_2 \cdot e$  is always negative. Thus, the stability of the system will be ensured if part

According to Malkin's theorem,  $Q$  is a positive deterministic matrix. This means that the value for part  $2e^T \cdot N \cdot A_1 \cdot y_m + 2\dot{a} \cdot \alpha \cdot a^T + 2e^T \cdot N \cdot B_1 \cdot \varepsilon + 2 \cdot \dot{b} \cdot \beta \cdot b^T$  has zero value, that is:

$$e^T \cdot N \cdot A_1 \cdot y_m + \dot{a} \cdot \alpha \cdot a^T = 0 \quad (16)$$

$$e^T \cdot N \cdot B_1 \cdot \varepsilon + \dot{b} \cdot \beta \cdot b^T = 0 \quad (17)$$

$$\text{With } a = [a_{21} \quad a_{22}], e = [e_1 \quad e_2], \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & 0 \\ 0 & \alpha_{22} \end{bmatrix}$$

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, y_m = \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix}$$

After calculating, we get the following results:

$$\dot{a}_{21} = -\frac{1}{\alpha_{11}} (e_1 \cdot n_{21} + e_2 n_{22}) y_{m1} \quad (18)$$

$$\dot{a}_{22} = -\frac{1}{\alpha_{22}} (e_1 \cdot n_{21} + e_2 n_{22}) y_{m2} \quad (19)$$

From formula (9) we have:

$$a_{21} = \frac{c}{a} - \frac{c_m}{a} \rightarrow \dot{a}_{21} = -\frac{1}{a} \dot{c}_m \quad (20)$$



To complete the parameter update process,  $c_m$  is defined by the following expression:

$$c_m = \frac{a}{\alpha_{11}} \int [(e_1 \cdot n_{21} + e_2 \cdot n_{22}) y_{m1}] dt + c_m(0) \quad (21)$$

From formula (13) we have:

$$a_{22} = \frac{b}{a} - \frac{b_m}{a} \rightarrow \dot{a}_{22} = -\frac{1}{a} \dot{b}_m \quad (22)$$

To complete the parameter update process  $b_m, a_m$  are defined by the following expression:

$$b_m = \frac{a}{\alpha_{22}} \int [(e_1 \cdot n_{21} + e_2 \cdot n_{22}) y_{m2}] dt + b_m(0) \quad (23)$$

$$a_m = \frac{a}{\beta_{22}} \int [(e_1 \cdot n_{21} + e_2 \cdot n_{22}) \varepsilon] dt + a_m(0) \quad (24)$$

Where  $\alpha_{22}$  and  $\beta_{22}$  are called the speed of the adaptation process,  $n_{21}$  and  $n_{22}$  are the elements of the matrix  $N$ .

- Step 4: Determine  $N$  from  $A^T N + N A = -Q$  with  $Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} 0 & -\frac{c}{a} \\ 1 & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} \\ n_{21} & n_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c}{a} & -\frac{b}{a} \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{c}{a}(n_{21} + n_{22}) & n_{11} - \frac{c}{a} \cdot n_{22} - \frac{b}{a} \cdot n_{12} \\ n_{11} - \frac{b}{a} \cdot n_{21} - \frac{c}{a} \cdot n_{22} & n_{12} + n_{21} - 2\frac{c}{a} \cdot n_{22} \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (26)$$

The results are as follows:

$$n_{12} = n_{21} = \frac{1}{2} q_{11} \cdot \frac{a}{c} \quad (27)$$

$$n_{11} = n_{22} = \frac{1}{2} \left( \frac{a^2}{c^2} \cdot q_{11} + \frac{a}{c} q_{22} \right) \quad (28)$$

From formula (21), (23) and (24), the design of the reference adaptive system with Lyapunov's stability learning feed-forward controller based on model theory in figure 1 is redrawn in figure 2 as follows:

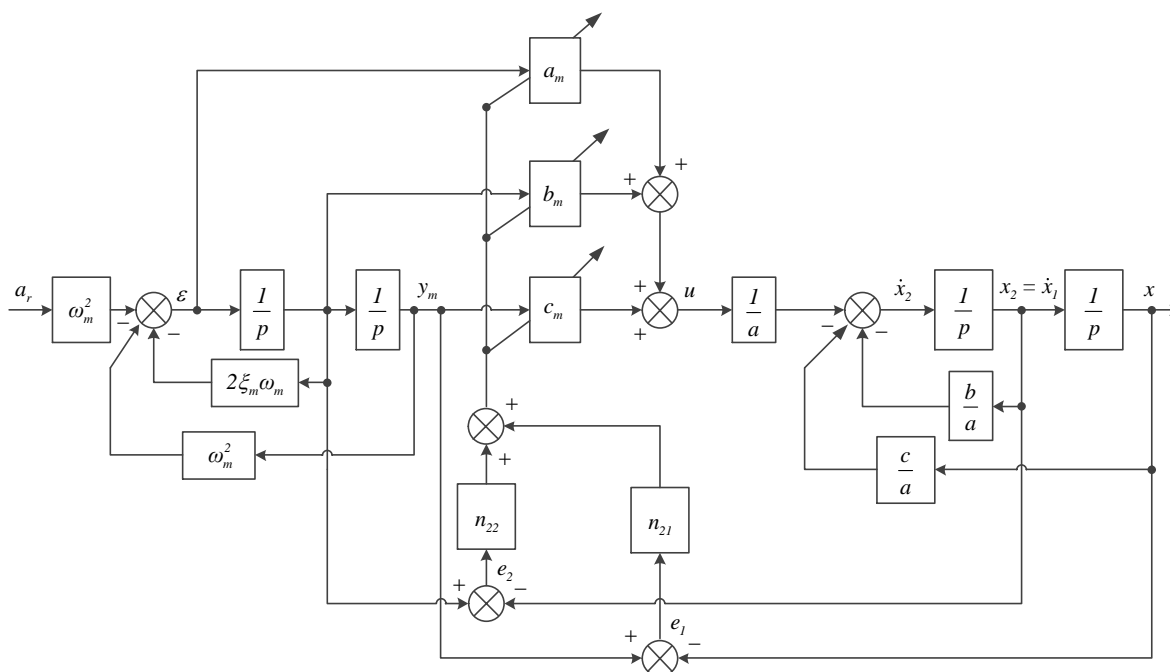


Figure 2. The learning feed-forward controller based on model reference adaptive system

### 3. SIMULATION RESULTS AND ANALYSIS

The algorithm survey is performed within the

remote missile control loop [5, 6]. The simulation organization diagram is in the form of figure 3, with the parameters are selected follows:

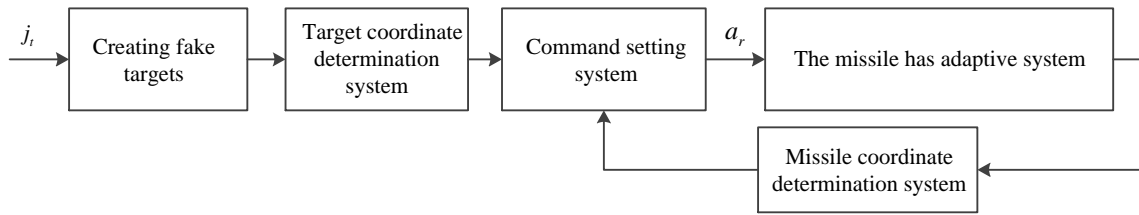


Figure 3. Structure diagram of control loop using learning feed-forward controller based on model reference adaptive system

- Target has speed  $V_t = 450(m/s)$ , flying in, the horizontal distance  $D = 29(km)$ , altitude  $H = 6(km)$ , maneuver start time at moment  $t_1 = 10(s)$ , maneuver finish at moment  $t_2 = 15(s)$ , maneuver  $30(m/s^2)$ .
- Missile velocity  $V_p = 900(m/s)$ .

- $a = 0,011; b = 0,15; c = 1.$
- Controller parameters:  $\omega_m = 10; \xi_m = 0,7.$
- $Q = \begin{bmatrix} 7 & 14 \\ 14 & 7 \end{bmatrix}$  thi  $p_{21} \approx 0,0385; p_{22} \approx 0,078.$
- The command setting system creates command according to the 3-point guidance method.

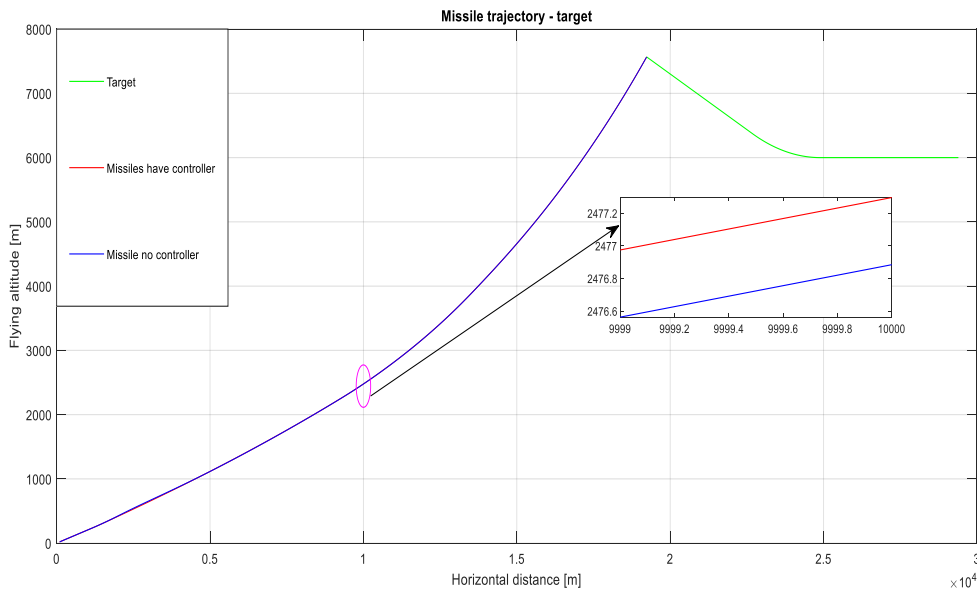


Figure 4. Missile trajectory – target

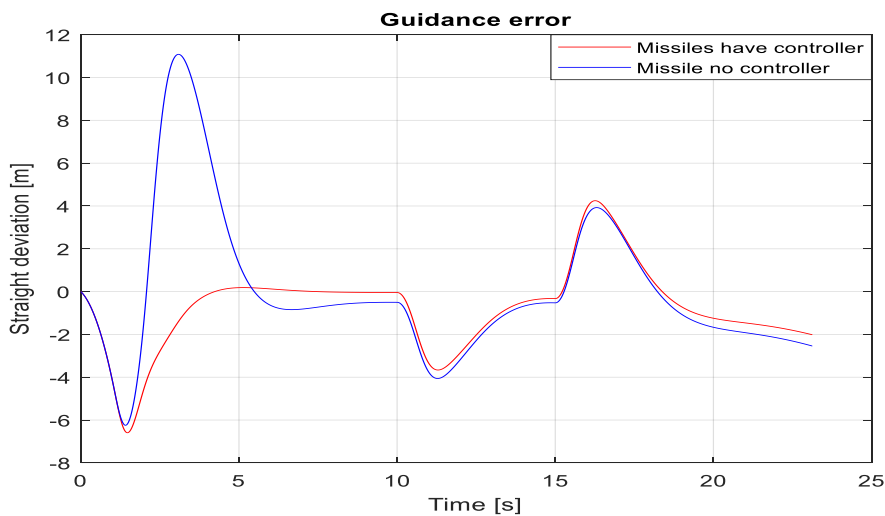


Figure 5. Error at meeting point

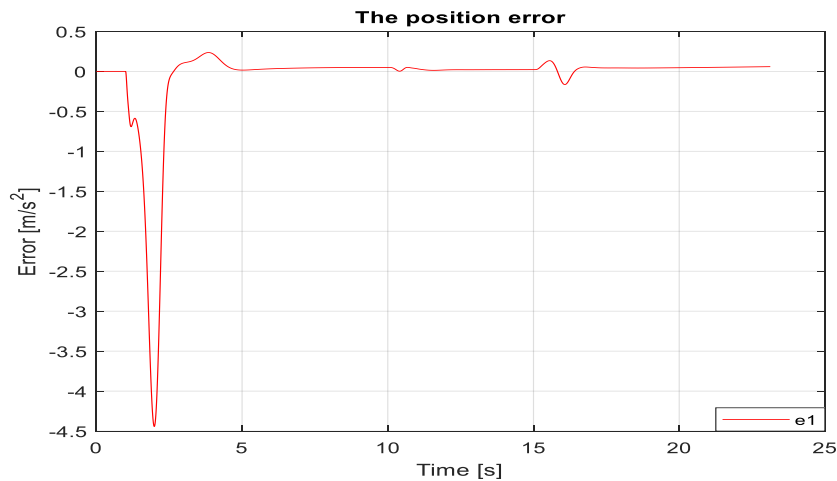


Figure 6. Error of position

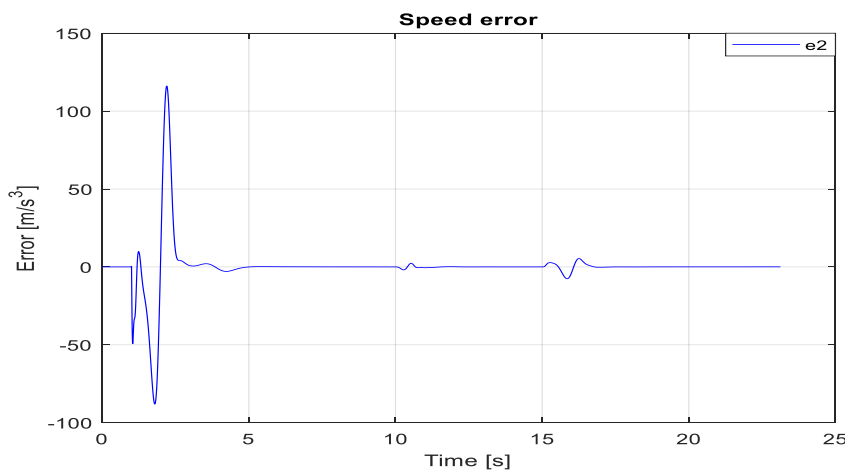


Figure 7. Speed error

**Comment:** The missile is always stable during flight. The controller is adaptable to changes in kinetic parameters, the error at the meeting point (straight deviation) is small. Error between the reference model and missile is small, the law of adaptation is fast convergence and sustainable.

#### 4. CONCLUSION

The controller structure is simple, adaptive control law according to the reference model applied Lyapunov stability theory fast convergence and sustainable. Simulation results show that, when using an adaptive mechanism, it is more stable than when not in use. This is the basis of improving the accuracy destroy targets, meet in the actual conditions when the missile's flight conditions change.

However, the adaptive laws (21), (23) and (24) only apply to the process and the reference model has the second order transfer function. Thus, when the process has a higher order transfer function, we must approximate that transfer function to degree order 2. The learning feed-forward controller only compensates and corrects for the process with the second order transfer function, which is a limitation of this method.

#### REFERENCES

1. Kadriye Tiryaki Kutluay, Adaptive control of guided missiles, A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 2011.
2. Pankaj K., Kumar J.S. and Nema R.K., Comparative Analysis of MIT Rule and Lyapunov Rule in Model Reference Adaptive Control Scheme, Innovative Systems Design and Engineering, Vol.2, 2011, pp. 154-162.
3. Nguyen Van Bang, Nguyen Tat Tuan, Synthesis of parameter recognition algorithm and state evaluation for flight device, East European Scientific Journal, Vol 2, No.66, 2021, pp. 46-54.
4. Nguyen Van Bang, Synthesis of remote control law when taking into dynamics and nonlinear of the missile stage, Intelligent Systems and Networks, Springer, No.22, April 2021, DOI:10.1007/978-981-16-2094-2\_22.
5. Канащенкова. А.И и Меркулова. В.И. Авиационные системы радиоуправления (том 2), Радиотехника, Москва, 2013.
6. Анатолий Борисович Скорик, Системы управления современными зенитными ракетами. Математическое моделирование контура наведения, Сучасці інформація технологи сфери безпеки та оборони (том 1), 2013.

**Biliaiev M.M.**

*Doctor of Technical Sciences, Professor  
Head of The Department «Hydraulics and Water Supply»,  
Dnipro National University of Railway Transport  
named after academician V. Lazaryan*

**Biliaieva V.V.**

*PhD, Associate Professor of The Department  
«Fluid Dynamics, Energy and Mass Transfer »,  
Oles Honchar Dnipro National University*

**Berlov O.V.**

*PhD, Associate Professor of The Department «Workplace Safety and Health»,  
Prydniprovskya State Academy of Civil Engineering and Architecture*

**Kozachyna V.A.**

*PhD, Associate Professor of The Department « Hydraulics and water supply»,  
Dnipro National University of Railway Transport  
named after academician V. Lazaryan*

## NUMERICAL SIMULATION OF DUST POLLUTION OF WORKING PLACE NEAR COAL DUMP

**Біляєв Микола Миколайович**

*доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри «Гідравліка та водопостачання»,  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

**Біляєва Вікторія Віталіївна**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри «Аерогідромеханіка та енергомасоперенос»,  
Дніпровський національний університет імені Олеса Гончара*

**Берлов Олександр Вікторович**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри «Безпека життєдіяльності»,  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

**Козачина Віталій Анатолійович**

*кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри «Гідравліка та водопостачання»,  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПИЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧИХ ЗОН БІЛЯ ШТАБЕЛЮ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.12](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.12)

**Summary.** The problem of estimating the level of air pollution in the working areas near the coal pile is considered. The task is to develop a CFD model that allows to predict the level of air dust pollution, taking into account the process of wetting the surface of the coal pile. To model the process of coal dust transfer in the air, a two-dimensional mass transfer equation is used, which takes into account coal dust transfer due to convection and diffusion. The Navier-Stokes equations are used to calculate the air flow field near the coal pile. Finite-difference schemes of splitting are used for numerical integration of modeling equations.

Computer code is developed on the basis of created CFD model. The developed code can be used to analyze the effectiveness of the coal surface wetting to reduce dust pollution of work areas near coal piles. The results of a computational experiment are presented.

**Анотація.** Розглядається задача оцінювання рівня забруднення повітря в робочих зонах за штабелем вугілля. Ставиться задача розробки CFD моделі, що дозволяє прогнозувати рівень пилового забруднення повітря з урахуванням процесу зволоження поверхні штабелю. Для моделювання процесу поширення вугільного пилу в повітрі використовується двовимірне рівняння масопереносу, що враховує поширення вугільного пилу за рахунок конвекції та дифузії. Для розрахунку швидкості повітряного потоку біля штабеля вугілля використовуються рівняння Нав'є-Стокса. Для чисельного інтегрування моделюючих рівнянь використовуються різницеві схеми розщеплення.

Створено комп'ютерний код на базі розробленої CFD моделі. Розроблений код може бути використаний для аналізу ефективності використання зволоження поверхні вугілля для зниження пилового забруднення робочих зон. Представлені результати обчислювального експерименту.

**Keywords:** *numerical simulation; air pollution, working area, coal pile, labor protection*



*Ключові слова: чисельне моделювання; забруднення повітря, робоча зона, штабель вугілля, охорона праці*

### Постановка проблеми.

Відомо, що штабеля вугілля є потужними джерелами забруднення повітря в робочих зонах. З поверхні штабеля вугілля виносяться різні забруднюючі речовини (пил, CO та таке інше). Особливо інтенсивним є пилове забруднення робочих зон біля штабелів вугілля. Прогнозування рівня забруднення повітря біля штабелів є особливо важливою задачею.

Для зменшення рівня пилового забруднення робочих зон використовуються різні засоби: екрани, зволоження поверхні штабелю, використання спеціальних розчинів, що подаються на поверхню штабелю та таке інше. Для практики важливо адекватно оцінювати ефективність цих засобів на етапі розробки проекту захисту повітря від забруднення. Одним з важливих методів такого оцінювання є використання спеціалізованих математичних моделей.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Для прогнозування рівня забруднення повітря при емісії пилу від штабелю використовуються різні математичні моделі, наприклад, модель ОНД-86, модель Гауса, чисельні моделі [1, 2, 3, 7, 8, 12]. Дані

моделі дозволяють при використанні комп'ютерів малої та середньої потужності швидко оцінювати інтенсивність та розміри зон забруднення при тих або інших метеоумовах, інтенсивності джерела забруднення тощо. Моделі потребують використання типової початкової інформації, що є важливим для практики. Але дані моделі важко застосовувати для адекватного оцінювання ефективності використання різних засобів захисту повітря від забруднення. Це пов'язано з тим, що вказані моделі враховують штабель вугілля як «точку», тобто без врахування його геометричної форми та аеродинаміки потоку біля штабелю. Тому виникає важлива проблема по створенню ефективних методів оцінювання ефективності використання різних засобів захисту повітря біля штабелів.

**Мета роботи-** створення CFD моделі для оцінювання рівня забруднення повітря в робочих зонах біля штабелю вугілля.

### Математична модель.

Для оцінювання рівня забруднення повітря біля штабелю вугілля використовуються наступні рівняння [1, 4, 8, 9]:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial u \omega}{\partial x} + \frac{\partial v \omega}{\partial y} = \frac{1}{Re \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega, \quad (2)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u C}{\partial x} + \frac{\partial (v-w)C}{\partial y} = \text{div}(\mu \cdot \text{grad}C) + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (3)$$

де  $\omega = \partial v / \partial x - \partial u / \partial y$  – вихор;  
 $Re = V_0 L / \nu$  – число Рейнольдса;  
 $L$  – характерний розмір;  
 $V_0$  – характерна швидкість;  
 $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості;  
 $\psi$  – функція току;  
 $u = \partial \psi / \partial y, v = -\partial \psi / \partial x$  – компоненти вектора швидкості повітряного потоку;  
 $C$  – концентрація вугільного пилу;  
 $\mu_x, \mu_y$  – коефіцієнти турбулентної дифузії;  
 $Q$  – інтенсивність емісії вугільного пилу від поверхні штабелю;  
 $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$  дельта функція Дірака;  
 $(x_i, y_i)$  – декартові координати;  
 $t$  – час.

Крайові умови для системи рівнянь (1)–(3) наведено в [8].

Як відомо, для зниження інтенсивності пилового забруднення повітря в робочих зонах використовують зволоження поверхні штабелю водою. Для оцінювання ефективності такого

методу захисту побудована субмодель, що використовується сумісно з моделлю (1)–(3). Для побудови субмоделі скористаємось такими міркуваннями. Вода, що потрапила на поверхню штабеля, збільшує вологість  $W$  вугілля. Це збільшує значення  $V_t$  – «порогове» значення швидкості повітря, після якого починається відрив часток пилу вугілля. Як результат, зменшується інтенсивність  $Q$  емісії пилу від поверхні штабелю. При русі повітряних мас над поверхнею штабелю має місце випарювання води. Інтенсивність випарювання залежить від комплексу факторів, але швидкість повітряного потоку має в цьому процесі дуже суттєву роль. Внаслідок випарювання води зменшується вологість  $W$  вугілля, що зменшує значення параметру  $V_t$  та, як результат, збільшується інтенсивність  $Q$  емісії пилу від поверхні штабелю.

Для розрахунку вказаних процесів використовуються такі емпіричні моделі [5, 10, 11]:

$$Q_w = (5,83 + 4,1V) P_H \sqrt{M}, \quad (4)$$

$$V_t = 4,97 + 0,268 \cdot W^{1,58} \quad (5)$$

$$Q = 4.2 \cdot (V - V_t) \quad (6)$$

де  $Q_w$  – інтенсивність випарювання води,  $V$  – локальна швидкість вітру біля ділянки вугілля;  $P_H$  – тиск насиченої пари води;  $M$  – молекулярна маса води;  $V_t$  – «порогове» значення швидкості, після якого починається відрив часток пилу;  $W$  – відносна вологість вугілля;  $Q$  – інтенсивність емісії пилу від поверхні штабелю.

Таким чином, рівняння (4) описує інтенсивність випарювання води від поверхні штабелю; рівняння (5) описує зміну «порогового» значення швидкості при зміні відносної вологості вугілля; рівняння (6) описує інтенсивність емісії пилу від ділянки штабелю.

Далі, алгоритм рішення задачі включає такі міркування. Модель будується на базі таких міркувань. Нехай, на поверхню штабеля, що має площину  $S_{coal}$ , просочився об'єм води  $W_{wat}$  (маса води  $M_{water}^n = W_{wat} \cdot \rho$ , де  $\rho$  – щільність води), а відносна порозність вугілля  $P_{coal}$ , то в глибину зона промочування буде дорівнювати:

$$h_{wat} = \frac{W_{wat}}{S_{coal} P_{coal}}$$

При потраплянні об'єму води  $W_{wat}$  в штабель, всередині вугілля змінюється його відносна вологість, що розраховується так:

$$W^n = \frac{M_{water}^n + m_0}{M_{coal}} \cdot 100\%,$$

де  $M_{coal}$  – маса вугілля в зоні промочування;  $m_0$  – маса води, що була в вугіллі до зволоження.

Якщо здійснено зволоження поверхні штабелю, то алгоритм рішення задачі по визначенню рівня пилового забруднення робочих зон для такого сценарію, наступний:

$$\frac{\omega_{i,j}^k - \omega_{i,j}^n}{\Delta t} + L_x^+ \omega^k + L_y^+ \omega^k = 0; \quad (9)$$

– на другому кроці розщеплення різницевого рівняння має вигляд:

$$\frac{\omega_{i,j}^{n+1} - \omega_{i,j}^k}{\Delta t} + L_x^- \omega^{n+1} + L_y^- \omega^{n+1} = 0. \quad (10)$$

У формулах (9), (10) використовуються такі залежності:

$$\frac{\partial u \omega}{\partial x} = \frac{\partial u^+ \omega}{\partial x} + \frac{\partial u^- \omega}{\partial x},$$

$$\frac{\partial v \omega}{\partial y} = \frac{\partial v^+ \omega}{\partial y} + \frac{\partial v^- \omega}{\partial y},$$

$$u^+ = \frac{u + |u|}{2}, \quad u^- = \frac{u - |u|}{2},$$

$$v^+ = \frac{v + |v|}{2}, \quad v^- = \frac{v - |v|}{2},$$

$$\frac{\partial u^+ \omega}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^+ \omega_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^+ \omega_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ \omega^{n+1},$$

1. Визначається локальна швидкість повітряного потоку біля різних ділянок поверхні штабелю (чисельне рішення рівнянь (1), (2)).

2. Визначається маса води  $dm_0$ , що випаровується за проміжок часу  $dt$  (рівняння 4).

3. Розраховується відносна вологість вугілля після випарювання води за час  $dt$ :

$$W^{n+1} = \frac{M^{n+1} \text{wat} - dm_0}{M_{coal}}$$

4. Розраховується  $V_t$  – «порогове» значення швидкості (рівняння 5).

5. Визначається кількість вугілля, що емітована в повітря від ділянки штабелю (рівняння 6).

6. Розрахунок повторюється, починаючи з п.2.

Необхідно підкреслити, що для використання цієї методології дуже важливо розрахувати локальну швидкість повітряного потоку біля поверхні штабелю вугілля. Як це вказувалось раніше – ця задача вирішується на базі рівнянь (1)–(3). Розглянемо методології рішення цих моделюючих рівнянь. Так, для рішення рівняння (1) здійснюється його розщеплення наступним чином:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial u \omega}{\partial x} + \frac{\partial v \omega}{\partial y} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{1}{Re \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2}} \quad (8)$$

Для чисельного рішення рівняння переносу (7) використовується двокрокова схема розщеплення [8]:

– на першому кроці різницевого рівняння має вигляд:

$$\frac{\partial u^- \omega}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^- \omega_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- \omega^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^+ \omega}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^+ \omega_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^+ \omega_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ \omega^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^- \omega}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^- \omega_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- \omega^{n+1}.$$

Невідоме значення  $\omega$  в кожному рівнянні (9), (10) визначається за формулою «рахунку, що біжить».

Для чисельного рішення рівняння (8) використовується наступна різницева схема розщеплення [6]:

$$\begin{cases} \frac{\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \omega_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[ \frac{-\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \omega_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{Re \Delta x^2} \right] + \left[ \frac{-\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \omega_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{Re \Delta y^2} \right], \\ \frac{\omega_{i,j}^{n+1} - \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \left[ \frac{\omega_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{Re \Delta x^2} \right] + \left[ \frac{\omega_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{Re \Delta y^2} \right]. \end{cases} \quad (11)$$

Невідоме значення  $\omega$  в кожному рівнянні (11) визначається за формулою «рахунку, що біжить». Різницєва схема для чисельного рішення рівняння (2) має вигляд [6, 7]:

$$\frac{\psi_{i+1,j,k} - 2\psi_{i,j,k} + \psi_{i-1,j,k}}{\Delta x^2} + \frac{\psi_{i,j+1,k} - 2\psi_{i,j,k} + \psi_{i,j-1,k}}{\Delta y^2} = -\omega_{ij} \quad (12)$$

Невідоме значення параметра  $\psi$  визначається з (12) за явною формулою. Компоненти вектора швидкості повітряного потоку розраховуються так

$$u_{i,j} = \frac{\psi_{i,j+1} - \psi_{i,j}}{\Delta y}, v_{i,j} = -\frac{\psi_{i+1,j} - \psi_{i,j}}{\Delta x}.$$

Для чисельного рішення рівняння (3) По-перше, здійснимо розщеплення на використується різницєва схема розщеплення. диференціальному рівні так:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = 0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right). \quad (14)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \sum Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i). \quad (15)$$

Тут прийнято позначення  $v = v - w$ . Для чисельного інтегрування рівняння (13) використовуємо такі залежності:

$$\frac{\partial uC}{\partial x} = \frac{\partial u^+ C}{\partial x} + \frac{\partial u^- C}{\partial x},$$

$$\frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial v^+ C}{\partial y} + \frac{\partial v^- C}{\partial y},$$

$$u^+ = \frac{u + |u|}{2}, u^- = \frac{u - |u|}{2},$$

$$v^+ = \frac{v + |v|}{2}, v^- = \frac{v - |v|}{2},$$

$$\frac{\partial u^+ C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial u^- C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^+ C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^- C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1}.$$

Схема розщеплення для рівняння (13) – на першому кроці, різницєве рівняння має записується так: вигляд:

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^n}{\Delta t} + L_x^+ C^k + L_y^+ C^k = 0;$$

– на другому кроці розщеплення різницєве рівняння має вигляд:

$$\frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^n}{\Delta t} + L^-_x C^{n+1} + L^-_y C^{n+1} = 0.$$

Невідоме значення концентрації  $C$  в кожному рівнянні визначається за формулою «рахунку, що біжить».

Для чисельного інтегрування рівняння (14) використовується двоетапна різницева схема розщеплення:

$$\frac{C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - C_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[ \frac{-C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + C_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[ \frac{-C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + C_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right],$$

$$\frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \left[ \frac{C_{i+1,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} \right] + \left[ \frac{C_{i,j+1}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} \right].$$

Невідоме значення концентрації пилу визначається з цих залежностей за явною формулою.

Для чисельного інтегрування рівняння (15) використовується метод Ейлера, розрахункова залежність має вигляд

$$C_{ij}^{n+1} = C_{ij}^n + \Delta t \sum Q_i \delta(x - x_i) \delta(y - y_i).$$

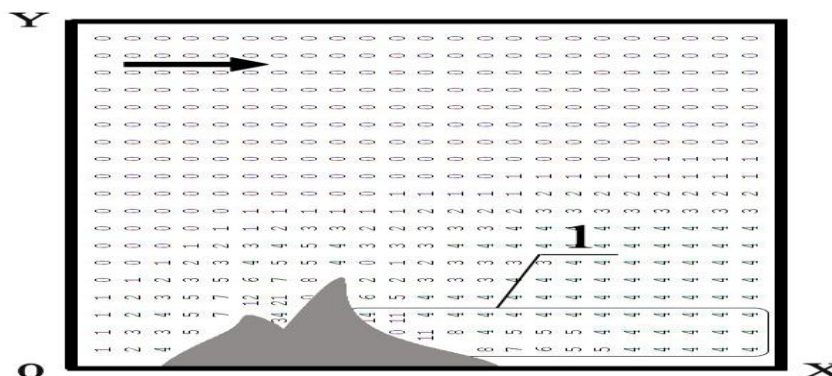
На базі розробленої чисельної моделі створено код "COAL", мова програмування FORTRAN.

**Результати.**

На базі розробленої чисельної моделі розв'язано наступну задачу. Розглядається штабель вугілля, що має складну геометричну форму та на його поверхню подано  $1\text{л}/\text{м}^2$  води. Початкова вологість вугілля 4%; порозність вугілля 10%;

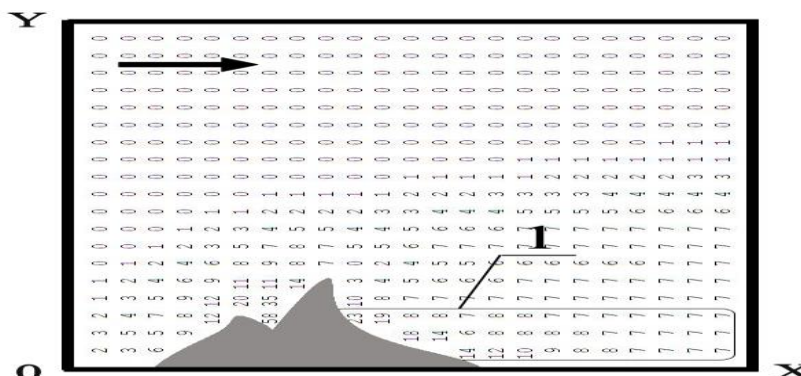
швидкість повітряного потоку  $12\text{м}/\text{с}$ .

Нижче на рисунках показано, як змінюється інтенсивність зони пилового забруднення біля штабелю з часом внаслідок випаровування води з поверхні вугільного штабелю. Кожне число на рисунках показує у відсотках значення концентрації пилу від максимальної концентрації пилу на даний час в розрахунковій області.



1 – концентрація пилу в діапазоні  $0.25-0.71 \text{мг}/\text{м}^3$

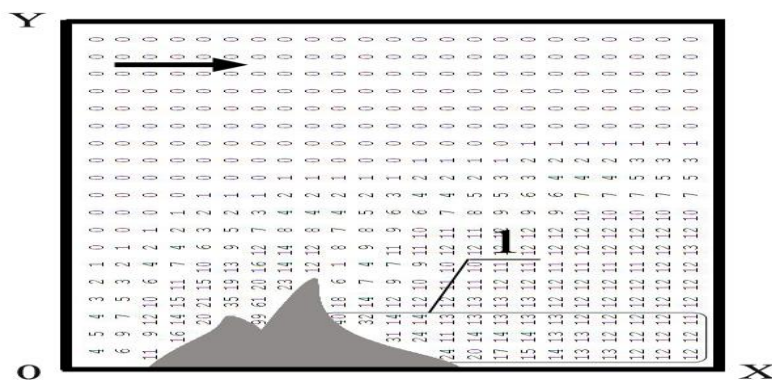
Рис. 1 – Концентрація пилу біля штабелю вугілля,  $t=335\text{с}$ ,  $C_{\text{макс}}=6.47\text{мг}/\text{м}^3$



1 – концентрація пилу в діапазоні  $0.75-2.05 \text{мг}/\text{м}^3$

Рис. 2 – Концентрація пилу біля штабелю вугілля,  $t=559\text{с}$ ,  $C_{\text{макс}}=10.82\text{мг}/\text{м}^3$





$I$  – концентрація пилу в діапазоні 2.91-5.85 мг/м<sup>3</sup>

Рис. 3 – Концентрація пилу біля штабелю вугілля,  $t=951c$ ,  $C_{\max}=18.31\text{мг/м}^3$

Аналіз наведених рисунків показує, що внаслідок інтенсивного випаровування води з поверхні штабелю збільшується інтенсивність виносу пилу від штабелю та, як результат цього, дуже швидко збільшується концентрація пилу в робочій зоні за штабелем. Так, протягом 10хв (з часового рівня 335с до часового рівня 951с), максимальна концентрація пилу в робочій зоні збільшується практично в 8 раз. Тобто, дуже швидко буде мати суттєве забруднення повітря в робочій зоні біля штабелю.

Відзначимо, що час розрахунку – 7с.

#### Висновки.

Розроблена двовимірна CFD модель, що базується на використанні рівнянь Нав'є-Стокса та рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки в атмосфері. Модель орієнтована на оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря в робочих зонах біля вугільного штабелю. Розроблена субмодель для оцінювання впливу зволоження поверхні штабелю на ступінь забруднення повітря.

В подальшому, планується створення тривимірної чисельної моделі для аналізу ефективності використання зволоження поверхні штабелю з метою зниження рівня пилового забруднення повітря в робочих зонах.

#### Список використаних джерел

1. Беляев Н.Н., Оладипо М.О., Кириченко П.С. Защита окружающей среды при транспортировке угля.- Кривой Рог: Изд.: Р.А. Козлов, 2018.-92с.
2. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1985. – 273 с.
3. Бруязкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов /

Е. В. Бруязкий. – Киев : Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.

4. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук.– Москва: Наука, 1982. – 320 с.

5. Мацак В. Г. Гигиеническое значение скорости испарения и давления пара токсических веществ, применяемых в производстве / В. Г. Мацак, Л. К. Хоцянов – Москва : Медгиз, 1959. - 231 с.

6. Самарский А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – Москва : Наука, 1983. – 616 с.

7. Уорк К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль / К. Уорк, С. Уорнер. – Москва : Мир, 1980. – 539 с.

8. Згуровский М.З., Скопецкий В.В., Хрущ В.К., Беляев Н.Н. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде, Киев: Наук. думка, 1997, 368 с.

9. Biliaiev M. (2012), “Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography”, Air Pollution Modeling and its Application XXI, Springer, pp. 87–91.

10. Biliaiev M.M., Kozachyna V.A., Oladipo M.O. Numerical analysis of atmosphere pollution from coal train / M.M. Biliaiev, V.A. Kozachyna, M.O. Oladipo // East European Scientific Journal. – 2019. – Vol 3(43). – P. 10-15.

11. Chen Weiman, Dong Zhibao. Wind Tunnel Test on the Influence of moisture on the Erodibility of loessial loam soil by Wind. Journal of Arid Environments, 1996, 34: 391 – 402

12. Tripathy D.P., Dash T.R., Badu A., Kanungo R.. Assessment and Modelilng of Dust Concentration in Opencast Coal Mine in India. Global NEST Journal, Vol 17, No 4, 2015, pp 825-834.

***Stryi Andrew Romanovich***  
*graduate student of the Department  
of Mechanical Engineering Technology  
Khmelnyskyi National University*  
***Hordeev Anatoly Ivanovich***  
*doctor of technical sciences, professor,  
professor of the Department  
of Mechanical Engineering Technology  
Khmelnyskyi National University*

## RESEARCH OF THE IMPACT ON PRODUCTIVITY OF PARAMETERS AND OPERATING MODES OF THE VIBRATION MACHINE DRIVE FOR CLEANING AND WASHING CONTAMINATIONS BY SUBMERGED STREAM JET WITH SOLID PARTICLES

***Старый Андрей Романович***  
*аспирант кафедры технологии машиностроения  
Хмельницкого национального университета*  
***Гордеев Анатолий Иванович***  
*доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры технологии машиностроения  
Хмельницкого национального университета*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРИВОДА ВИБРАЦИОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ И МОЙКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУЕЙ С ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.13](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.13)

**Summary.** Analyzed the methods of cleaning and washing, the design of machines with a vibration drive. The choice of a specific method of cleaning and washing is determined depending on the type and properties of contaminants, on the requirements for the cleanliness of products, and the type of production. The scheme of operation of a vibrating machine for cleaning and washing machine parts in a pulsating flow of liquid with solid particles is considered and parameters that affect its performance are determined. The results of studies of physical phenomena during the formation of a pulsating submerged jet are presented, and the influence of design parameters and modes of the drive robots on the maximum jet pressure is determined. An analytical dependence of the maximum instantaneous pressure of the jet has been obtained experimentally, which makes it possible to determine the optimal ratios of parameters when designing a vibration machine for cleaning and washing contaminants.

**Аннотация.** Проанализированы способы чистки и мойки, конструкции машин с вибрационным приводом. Выбор конкретного способа очистки и мойки определяется в зависимости от вида и свойств загрязнений, от требований, предъявляемых по чистоте изделий, типа производства. Рассмотрено схему работы вибрационной машины для очистки и мойки деталей машин в пульсирующем потоке жидкости с твердыми частицами и определены параметры, которые влияют на её производительность. Приведено результаты исследований физических явлений при формировании пульсирующей затопленной струи и определено влияние на максимальное давление струи конструктивных параметров, режимов работы привода. Экспериментально получена аналитическая зависимость максимального мгновенного давления струи, которая дает возможность определять оптимальные соотношения параметров при проектировании вибрационной машины для очистки и мойки загрязнений.

**Key words:** *cleaning, washing of contaminants, vibration machine, dynamic parameters of the process and machine.*

**Ключевые слова:** *очистка, мойка загрязнений, вибрационная машина, динамические параметры процесса и машины.*

**Formulation of the problem.** On the surface of parts and assemblies in the process of their manufacture, operation of machinery and equipment, technological and industrial contaminants are formed. Qualitative cleaning of objects from pollution is achieved by a complex physico-chemical and mechanical impact on it, the first - is provided by the use of chemicals that affect pollution, the second - the use of mechanical energy of pollution (scrapers, brushes, liquid jets, abrasive jets). The emergence of new technological processes for the manufacture of parts, new requirements for the quality of repair of

various objects of technology leads to the search for new technologies and methods and the creation of new designs of jet-type installations for washing and washing parts, especially in small and single production types and equipment repair.

**Analysis of recent research and publications.** Qualitative cleaning of objects is achieved due to the complex interaction of physico-chemical and mechanical effects of the washing jet on pollution. Physico-chemical factor is provided by the use of heated detergents, which is associated with significant material costs for the acquisition and heating of these

solutions with their adverse effects on the environment. Therefore, the development of technology to improve the quality of repair and maintenance of equipment, from the surface of parts and components must remove not only weakly and moderately bound contaminants (road dirt, oil and mud deposits, etc.), but also tightly bound (corrosion destruction products, old paintwork, etc.), which occupy about 10% of the total surface area of objects and have the greatest complexity of removal.

Improving the efficiency of cleaning and washing plants is achieved by increasing the mechanical action of the jet on pollution. The most promising and widespread of the existing technologies for cleaning and washing facilities are technologies using high-pressure water jets [1-4]. Recently, the increase in the efficiency of cleaning machines using jet cleaning technologies is achieved by increasing the kinetic energy of the jet by increasing the supply pressure of the washing liquid or adding abrasive material to it. As an increase in the mechanical factor, the use of abrasive is used, both separately (dry jets) and together with the cleaning solution (water-sandblasting) or increasing the pressure of the washing jet [5].

As a result of theoretical and experimental studies [5] it was found that hydroabrasive wear, which is similar in nature to the process of cleaning and washing, occurs under the impact of solid particles on the body surface. Depending on the properties of materials and the angle of attack of abrasive particles, wear can have the nature of brittle fracture (wear of silicate glass), micro-recognition (wear of copper), plastic extrusion, the emergence and growth of microcracks. The intensity of wear depends on the angle of attack [5], flow rate, concentration, size, hardness of abrasive particles, the ratio of surface hardness of the material and abrasive particles. As the angle of attack decreases, the magnitude of the shock pulse decreases, and the probability of microcutting the surface (contamination) increases. In order to clean a specific contaminant, it is necessary to develop cleaning and washing technologies that break down the contaminant under the action of additional stresses created in the flow of detergent by abrasive or polymer crumb particles. Known methods and designs of machines and devices with a vibrating drive for cleaning and washing parts and components for various contaminants that occur during the manufacture or repair of equipment and machinery [6,7]. As a result of analytical studies [6] it was found that the performance of the pulsating jet cleaning process is affected by the following parameters: velocity or pressure of the jet, mass of polymer crumb particles, frequency and amplitude of oscillations of the drive, ratio of pulsation chamber diameters and nozzle to the axis of the jet.

**The purpose of the article.** The aim of the work is to study the influence of drive modes and design parameters of the vibrating machine for cleaning and washing, using flooded pulsating jets of liquid with solid particles, to achieve optimal performance conditions of the cleaning and washing process. The

need to create special installations for the operation of cleaning and washing machine parts during repairs in small-scale production is an urgent scientific and technical task.

**Selection of previously unsolved parts of the overall problem.** Determining the optimal parameters of the drive of vibrating equipment with a pulsating working fluid based on a hydropulsator (GP) is constrained by the lack of experimental research in this area. This determines the relevance of the work.

**Presenting main material.** The modes of cleaning and washing the surface of the part by the flow of detergent (optimal technology) is determined based on the analysis of the hydrodynamic interaction of the detergent with particles with existing contamination on the parts, as well as on the analysis of experimental studies. Let's consider the mechanism of removal of pollution by the immersed pulsating stream of washing liquid with inclusions of firm particles. Without underestimating the importance of physicochemical factors due to the activity of the detergent medium, it is believed that the process of mechanical action of the liquid on the contamination is one of the main conditions that determines the efficiency of cleaning and washing. The process of cleaning and washing the surface of the product by the flow of liquid with solid particles can be divided into the following interconnected, elementary processes: the formation of a pulsating jet of liquid with solid particles, supply of liquid flow to the surface to be cleaned, separation of contaminants and their washing from the surface to be cleaned, the contaminants hang in the liquid stream, the contaminants are transported to the filter device. It is established [8,9] that turbulent pulsating flow of liquid with particles has more significant friction forces when spreading on the surface with contamination and the possible process of microcutting its solid particles and the main factor influencing the productivity of the process is the velocity of liquid flow capturing particles.

Pulsating jets of liquid are formed in the membrane GP (Fig.1), which works as follows: when the rod 4 with the membrane 3 down in the chamber 2 creates a vacuum and the liquid is drawn into the chamber through the nozzles 1. During the rod 4 and the membrane 3 up liquid and it is pushed under pressure through the nozzles 1 from the chamber 2. This produces a pulsating jet of liquid from the nozzle with a high degree of turbulence. It is established that when the liquid is drawn into the pulsation chamber through the nozzles at certain modes of fluid flow into the nozzle, an annular isolated cavity filled with gas is formed. When the annular insulated cavity is destroyed, dissolved air begins to be released from the liquid in the form of gas bubbles, which enter the pulsation chamber, which reduces the volume of liquid, which is then pushed through the nozzles and they act as a damper when compressing liquid in the pulsation chamber.

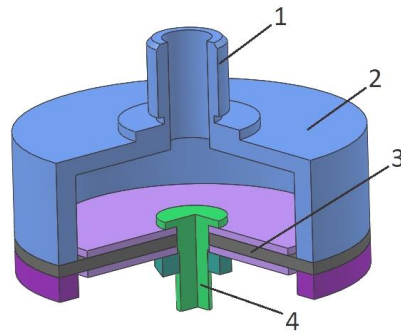


Fig. 1. The design of the membrane hydropulsator: 1 - nozzles; 2 - pulsation chamber; 3 - membrane; 4 - stock

Figure 2 shows a diagram of a vibrating machine for cleaning and washing machine parts in a pulsating flow of liquid with solid particles [10]. It consists of a bath 1 in which at the bottom is a pulsation chamber 2, which is connected by a rod with a vibrating actuator 4. It has a box 7 for collecting solid particles 11 with a grid 6 below the nozzle and on the side surfaces 9 for spreading fluid flow. In the box 7 above the grid 6 to which the jet is directed from the nozzle 5 is installed a nozzle 8 with a gap for solid particles on the grid 6, which are filled into the box 7. The vibrating machine works as follows. The part 12 to be cleaned is located on the nozzle 8 with a gap  $H$  (larger than the maximum size of the solid particle). The vibratory drive of the machine 4 is switched on. Due to the oscillations of the

diaphragm with disks 3 in the pulsation chamber 2 the fluid is alternately compressed when it moves upwards - a jet from the nozzle 5 appears, and when it flows down the liquid discharge - it is drawn through the nozzles 5 into the pulsation chamber. The jet from the nozzle 5 passes through the grid 6 and ejects the solid particles 11 and through the nozzle 8, the flow of the mixture strikes the surface 12 to be cleaned. Solid particles 11, after interaction with the surface 12, the liquid is thrown on the walls of the box 7 and falls to its bottom. When the membrane with discs 3 moves downward, a liquid flow occurs, which draws solid particles 11 onto the mesh 6 under the nozzle 8. Then the cycle is repeated.

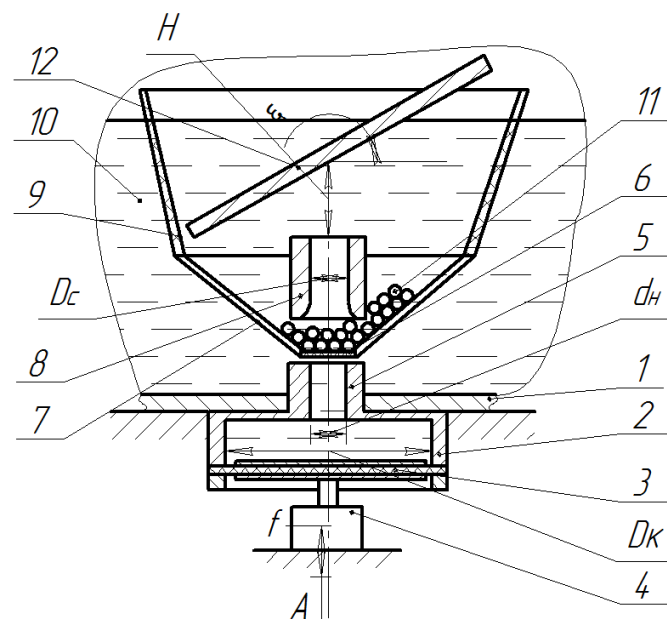


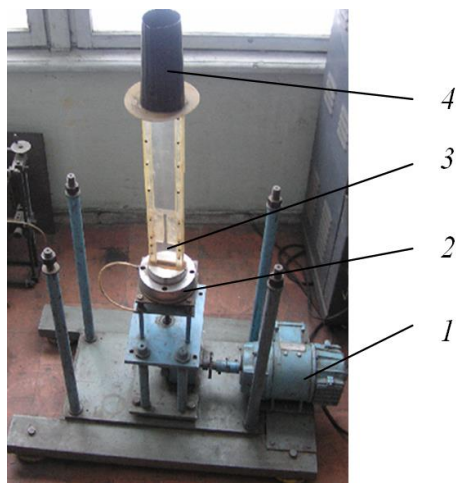
Fig. 2. Scheme of operation of the vibrating machine for cleaning and washing of machine parts in a pulsating flow of liquid with solid particles: 1 - bath body; 2 - pulsation chamber;

3 - membrane with disks; 4 - vibratory drive; 5 - nozzles; 6 - grid; 7 - box for collecting solid particles; 8 - nozzle; 9 - grid; 10 - washing liquid; 11 - solid particles; 12 - the surface to be cleaned;  $H$  is the distance from the nozzle to the surface to be cleaned;  $d_n$  - diameter of the nozzle;  $D_k$  is the diameter of the pulsation chamber;  $f$  is the oscillation frequency of the vibratory drive;  $A$  - the amplitude of vibrations of the vibratory drive

To determine the dynamic characteristics of the drive of the vibrating machine for washing and cleaning contaminants, an experimental setup was made to determine the visual process of forming a pulsating

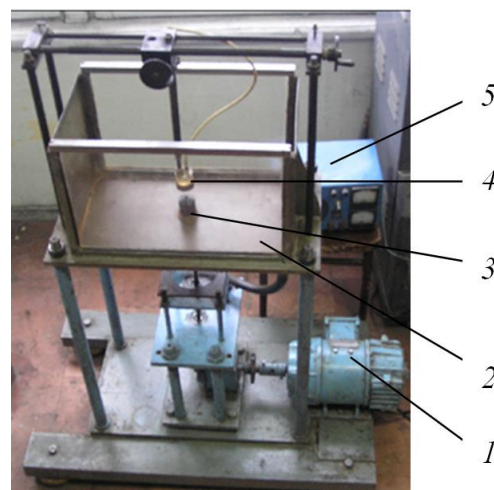
fluid flow (Fig.3) and an experimental setup to determine the influence of drive modes and design parameters on the maximum pressure of the pulsating flooded fluid jet. (Fig.4).





*Fig.3. Installation of visualization of the formation of a pulsating jet of fluid:*

*1 - vibrating drive; 2 - pulsation chamber;  
3 - transparent nozzles; 4 - capacity for damping  
fluid oscillations*



*Fig.4. Installation for research of size of pressure of a stream from a nozzle: 1– the vibrating drive; 2 -*

*capacity for liquid;  
3 - nozzles; 4 - pressure sensor; 5 - the control panel  
of frequency of fluctuations*

Installation for studying the value of the maximum pressure of the pulsating jet from the nozzle (Fig.4) consists of a frame on which is mounted an eccentric vibrating actuator driven by a DC motor. The change in the amplitude of oscillations occurs when changing the cams with an eccentricity of 0,5; 1,0; 2,0 mm. Changing the frequency from 0 Hz to 30 Hz is done by changing the voltage on the transformer of the control panel. The vibrating actuator is connected to the pulsation chamber by means of a rod. A bathtub with transparent walls for visual observations is fixed on the racks. A screw pair with a step of 0,75 mm is installed on the racks in the supports. In the case of a nut the rail transfer directed on an axis of movement of a stream is mounted. These means allow a fixed movement of the pressure sensor, which is fixed by means of a thread on the rail. The reciprocating movement of the liquid through the nozzles and the movement of the liquid in the pulsation chamber on the installation of Fig.3 was recorded by a digital video camera with further processing and conversion of information into a computer file.

As a result of researches of visualization of process of formation of a pulsating flooded stream the following results are received. With reciprocating oscillations of the membrane in the pulsation chamber

of the vibrating machine, the following physical processes occur: when the membrane moves down in the pulsation chamber, the pressure drops below atmospheric and through the nozzles the liquid is drawn into the pulsation chamber at a rate depending on the membrane oscillation. At the entrance to the nozzles, the water current lines are distorted, and there is a narrowing of the flow (Fig.5,a, Fig.5,b). Simultaneously with the increase (frequency of oscillations) of the velocity through the nozzles there is a cavitation cavity at the entrance to the nozzles, which is filled with bubbles of gas dissolved in the liquid, which then break out of the cavitation cavity and enter the pulsation chamber (Fig.5, b). However, at significant speeds (oscillation frequencies) of liquid entrainment in the pulsation chamber, there is an avalanche increase in the volume of gas bubbles in the nozzle, resulting in a large gas bubble in the pulsation chamber and a smaller volume of water enters the pulsation chamber (Fig.5,c). As the membrane moves upward in the pulsation chamber, the pressure rises above atmospheric and the gas bubbles flatten, reducing the volume of liquid passing through the nozzles, which reduces the maximum speed and pressure force of the nozzle jet.

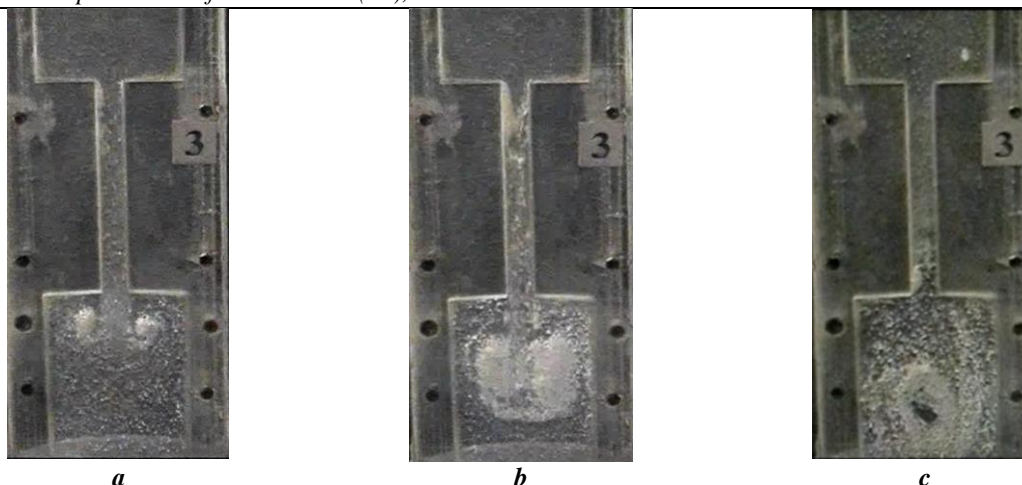


Fig.5. The results of the visualization of physical processes during the reciprocating motion of the fluid through the nozzles in the pulsation chamber of the vibrating machine when changing the oscillation frequency of the drive: a - oscillation frequency 12 Hz; b - oscillation frequency 16 Hz; c - oscillation frequency 22 Hz

It is established [11] that the productivity of the cleaning and washing process in the vibrating machine is determined by the formula:

$$Q = \frac{k_0 \cdot m \cdot \left(1,29 \frac{k_c \cdot D_k^2 \cdot A \cdot f}{\varepsilon \cdot d_n^2} / 1 + \frac{2 \cdot H}{D_c} t g \alpha\right)^3}{4 \cdot \sigma \cdot H}, \quad (1)$$

where  $A$  - is the amplitude of fluid oscillations in the pulsation chamber;  $f$  - frequency of fluid oscillations in the pulsation chamber;  $\varepsilon$  - coefficient of narrowing of the flow into the nozzle;  $D_k$  - the diameter of the pulsation chamber;  $d_n$  - diameter of a nozzle;  $D_c$  - nozzle diameter;  $\alpha$  - the angle of unilateral expansion of the jet from the nozzle,  $\alpha = 12^\circ 40'$ ;  $k_0$  - the number of crumb particles involved in the processing;  $m$  - particle mass;  $H$  - the distance from the jet nozzle to the surface to be treated;  $k_c$  - coefficient that takes into account the quenching of the jet velocity from the nozzle during the passage of the grid,  $k_s = 0,9$ .

From the analysis of dependence (1) it can be concluded that to increase the productivity of the cleaning process, the following parameters affect: the optimal ratio of particles in the jet at the smallest distance from the nozzle to the surface to be cleaned, reducing cutting stresses. But the main factor that affects the productivity of the process is the speed of the particle  $V = \frac{D_k^2 \cdot A \cdot f}{\varepsilon \cdot d_n^2}$ , which is captured and moves with the jet of liquid and has in formula (1) the third degree and its small change leads to a significant increase in productivity.

To measure the parameters of the pulsating jet from the nozzle, it is technically convenient to move from determining the value of the pulsating jet velocity to measuring the maximum pressure of the pulsating jet at its initial section at the exit of the nozzle. The pulsating jet of liquid from the nozzle is formed due to the oscillations of the vibrating drive of the machine, so the theoretical speed  $V_t$  of the liquid in the nozzle is determined by:

$$V_t = A_n \cdot f, \quad (2)$$

where  $A_n$  - the amplitude of oscillations of the liquid in the nozzle;

$f$  - frequency of oscillations of the drive.

Taking into account the reduction of speed in the nozzle due to the narrowing of the flow (local resistance), we can write the following dependence:

$$V = \xi \cdot V_t, \quad (3)$$

where  $V$  - jet speed taking into account local resistances;  $\xi$  - coefficient of local resistance  $\xi = 0,5$ ;  $V_t$  - theoretical speed.

In [9], the influence of the frequency of oscillations of the drive on the value of the maximum speed of the pulsating jet from the nozzle without taking into account the effect of hydraulic shock and the appearance of the gas phase in the pulsation chamber was obtained analytically. The obtained values, the values of the maximum jet velocity, can be converted into the maximum fluid pressure at the outlet of the nozzle at the initial section by the formula:

$$P = \frac{\rho V^2}{2}, \quad (4)$$

where  $\rho$  - is the density of water,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

The search for the optimal operating modes of the drive of the vibrating machine was carried out experimentally on the installation (Fig.4) by measuring the sensor change the maximum pressure of the jet from the nozzle for the oscillation cycle of the drive. A pre-calibrated membrane strain gauge was used, which was mounted above the nozzle at a distance of 10 mm in the initial section of the flooded pulsating jet. To measure the instantaneous value of the hydrodynamic pressure of the fluid from the nozzle, a USB oscilloscope BM8020 is used, which is connected to a personal

computer via a USB port and is served by the software product «DiSco». In the experimental study, the change of the jet pressure in the form of oscillograms was recorded and during their processing the maximum pressure of the pulsating jet was determined under the following conditions: liquid temperature  $20^{\circ}$ , amplitude of membrane oscillations  $A = 0.002$  m; the diameter of the pulsation chamber  $D_k = 0.1$  m, the diameter of the

nozzle  $d_n = 0,01$  m, the oscillation frequency  $f$  of the drive of the vibrating machine varied from 0 to 25 Hz.

After processing the obtained oscillograms on the grid of the pressure versus frequency graph obtained analytically (Fig.6, curve 1) [11], a graph of the change in the maximum pressure of the liquid jet from the nozzle was plotted (Fig.6).

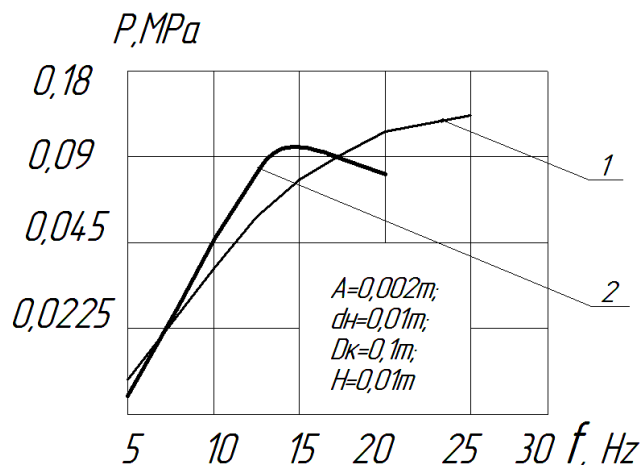


Fig.6. Graphs of the maximum pressure of the pulsating jet of liquid from the nozzle on the oscillation frequency of the drive: 1 - analytical curve; 2 - experimental curve; A - amplitude of oscillations;  $D_k$  - diameter of the chamber;  $d_n$  - diameter of the nozzle; H - is the distance from the cut nozzle to the sensor

In search experiments, it was found that the dependence of the maximum pressure of the pulsating liquid jet in the initial section (Fig.6, curve 2) on the frequency of the drive oscillations has the following curve change: in the initial section from 5 to 8 Hz, the maximum fluid pressure coincides with the analytical one, but with an increase in the frequency of oscillations of the drive in the range from 8 to 13 Hz, the value of the maximum pressure of the liquid jet increases due to the phenomenon of water hammer; with an increase in the frequency of oscillations of the drive in the range from 13 to 20 Hz, the value of the maximum pressure of the jet liquid decreases due to the appearance of a significant number of gas bubbles in the pulsation chamber.

The maximum fluid pressure of the jet from the nozzle is in the range of frequencies from 11 to 13 Hz, so the pulsating jet of fluid from the nozzle has a

maximum speed within these limits. To establish the optimal ratios of the design parameters of the pulsation chamber and the size of the nozzle depending on the modes of operation of the drive, a three-factor experiment of the central composite rotatable planning of the second order was carried out. For research, pulsation chambers measuring 60,120,180 mm with a 10 mm nozzle were made.

To establish the value of the maximum instantaneous pressure from the nozzle, the main variables that influenced the value of this parameter were determined:  $x_1$  - the ratio of the diameter of the pulsation chamber to the diameter of the nozzle ( $D_k/d_n$ ),  $d_n = 10$  mm;  $x_2$  - the oscillation frequency of the drive;  $x_3$  - amplitude of oscillations of the drive. As a result of the experiments, the regression dependence was obtained as follows:

$$y = 0,2728 + 0,067x_1 + 0,0091x_2 - 0,052x_3 - 0,0156x_1x_2 - 0,0756x_1x_3 - 0,0339x_1^2 - 0,00225x_2^2 - 0,0203x_3^2. \quad (5)$$

After recoding and conversion of variables into natural values, the following regression dependence of the maximum instantaneous pressure of the pulsating fluid jet on the design parameters and modes of operation of the drive:

$$P_{max} = 0,0000096D^2 - 0,002f^2 - 0,026A^2 \quad (6)$$

Using the software product MatchCad, calculations were performed according to equation (6) and graphs of the dependence of the maximum instantaneous pressure of the liquid jet  $P_{max}$  on the oscillation frequency and amplitude of oscillations Fig.7 and cross section of the response surface of the maximum instantaneous pressure Fig.8.

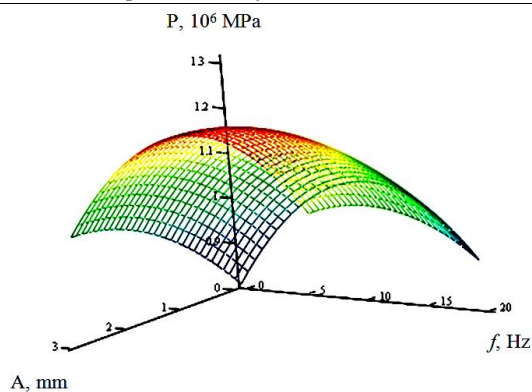


Fig. 7. Response surface of the dependence of the maximum instantaneous pressure of the liquid jet from the nozzle on the frequency and amplitude of oscillations for the pulsation chamber  $D = 100$  mm

### Conclusions

The analysis of the dependence of the productivity of the process of removing contamination from the surface of the part revealed the influence of various physical parameters of the vibrating machine on its performance, namely: the optimal ratio of particles in the jet at the smallest distance from the nozzle to the surface to be cleaned, with particles, which depends on the design parameters and modes of operation of the drive of the vibrating machine. It is experimentally established that the maximum pressure of the pulsating jet of liquid and the maximum productivity of the machine for cleaning and washing is achieved with the following design parameters: the ratio of the diameter of the pulsation chamber to the diameter of the nozzle 10mm; oscillation amplitude  $A = 2$  mm and oscillation frequency of the drive from 11 to 13 Hz.

The obtained regression dependence (6) of the maximum instantaneous jet pressure on the design parameters and modes of operation of the drive and its graphical interpretation makes it possible to find the optimal ratios of frequency and amplitude of the drive for certain sizes of the pulsation chamber in the design, solid particles.

### Bibliography

1. Kozlov Yu. S., Kuznetsov O. K., Telnov N. F. Cleaning products in mechanical engineering. Moscow: Mechanical Engineering, 1982. 261 p.
2. Telnov N. F. Technology of cleaning of agricultural machinery. M.: Kolos, 1983. 256 p.
3. Numerical simulation of the process of jet-dynamic washing of parts with blind holes. Tarasov V.A. and other. Bulletin of MSTU im. Bauman. Ser. "Mechanical Engineering". № 4. 2011. pp. 34-41.
4. Gromakovskiy D.G., Burakov A.P., Kareva N.A. Development of low-frequency cavitation devices for washing the surface of machine parts and devices. Proceedings of the Samara Scientific Center of the

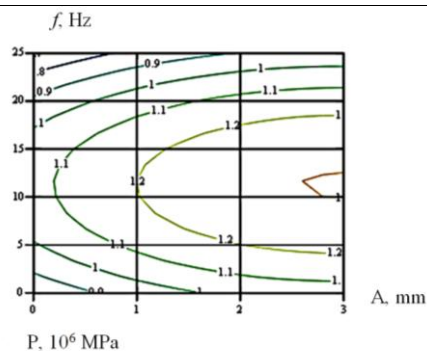


Fig. 8. Two-dimensional cross-section of the response surface of the dependence of the maximum instantaneous pressure of the liquid from the nozzle on the frequency and amplitude of oscillations for the pulsation chamber  $D = 100$  mm

Russian Academy of Sciences, №1(3). 2011. pp. 562-565.

5. Andilahi A. A. Abrasive treatment of parts with flooded jets. Mariupol: PGU, 2006. 190 p.

6. A. s. 1130422 USSR, MKI3 at 08 V 3/10. Device for washing small articles. Hordeev A. I., Silin R. I., Syvchenko N. A. (USSR). №. 3613130; stated. April 15, 83; published 23.12.84, Bull. № 47.

7. Pat. on the utility model 116030 of Ukraine, IPC B03B 5/02. Vibrating machine for washing radio products. Hordeev A. I., Hordeev O. A., Migal V. G (Ukraine); in 2016 10059; Application. 03.10.2016; Publ.10.05.2017. Bull. № 9.

8. Staryi A. R., Hordeev A. I. Technology of cleaning and washing of contaminants of machine parts during repair by the flow of liquid with solid particles and a vibrating machine for its implementation. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. №4. 2019. pp. 7-14.

9. Hordeev A. I., Staryi A. R. Analysis of the process of interaction of the gas-liquid medium with the surface of the parts during washing before coating. Abstracts of the VI International Scientific and Technical Conference "Problems of durability of materials, coatings and structures." Vinnytsia, VNTU. 2018. pp. 14-15.

10. Pat. for utility model № 132837, IPC B08B 3/10 Vibrating machine for cleaning contaminants by the flow of solid particles and washing parts during equipment repair. Skiba M. E., Staryi A. R., Hordeev A. I., Hordeev O. A. U201810344; Application 19.10 2018. Publ. 03.11.2019 Bull. №5.

11. Staryi A. R., Hordeev A. I. Substantiation of parameters of dynamic processes of cleaning and washing in the vibrating machine by the immersed pulsating stream of liquid with firm particles. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. №6. 2020. pp.84-92.



**ASSESSMENT OF SOME INDICES OF OIL-CONTAMINATED SOILS ON THE EXAMPLE OF THE ABSHERON PENINSULA**

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.14

Contaminated of soil ecosystem with oil and oil products is one of the most complex and multiplane problem of environmental protection. No other man made pollutant no matter how dangerous it is, can't compare with oil by the volume of distribution, number of pollution sources, the amount of load on all components of the natural environment during well accidents. Oil spills cause great harm, due to the large migration capacity capturing territories, many times higher than the initial pollution. As a result tens of thousands of hectares of fertile land are polluted, are withdrawn from agricultural turnover. Oil-contaminated soils are the sources of secondary pollution of atmosphere and underground waters, having a huge negative ecological impact on flora and fauna. Suffice it to note that only on Absheron oil district several tens of thousand of hectares of land are subject to reclamation. Loss of oil-contaminated lands and rapid degradation of landscapes causes the need to study processes, that stipulate their transformation.

The purpose of this work was to determine the enzymatic activity of the oil-contaminated soils and determination of the MPC of oil products in the soil.

It is known, that crude oil has different effects on enzymatic activity of the soil, than is stipulated by different composition of the oils and climate of the surrounding area. To get a good picture the behavior of enzymes in oil-contaminated soils, experiments were carried out on artificially polluted soils. The results of the research are shown in the table, from which it is evident that crude Absheron oil steadfastly inhibited the activity of catalase, since activity of the soil catalase correlates well with total number of microflora. Catalase activity may be used as index of total biological activity of soils with various contamination degree by oil. Activity of hydrolytic (invertase, phosphatase and protease) and oxidative enzymes (polyphenol oxidase) is also observed. Dehydrogenase activity of the soil is often used as measure of metabolic activity of microorganisms in soil. Contamination of soil with oil also lead to a sharp reduction of dehydrogenase activity. A direct dependence between the oil content in the soil and its urease activity was established. For example, in the most polluted (toxic) version (600 gram oil+ 10 kg soil) urease activity was 4.51.

Table

**Effect of oil pollution degree on activity of the enzymatic processes**

N	Variants of experiments	Catalase cm <sup>3</sup> O <sub>2</sub> per 1 g gram of soil in 2 minutes	Phosphatase, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per 10 gr soil in 24 hours	Invertase, mg glucose per 1 gr soil in 24 hours	Protease, mg amine N per 1 gr soil in 24 hours	Polyphenol-oxidase, mg purpurogalin per 100 gr soil in 30 minutes	Dehydrogenase, mg formazan per 1 gr soil in 30 minutes	Urease mg NH <sub>3</sub> per 1 gr soil in 30 minutes
1	50 gram of oil +10 kg of soil	5.65	2.23	5.51	0.20	2.2	6.71	2.00
2	100 gram of oil +10 kg of soil	4.46	1.13	4.12	0.17	1.8	5.94	2.59
3	200 gram of oil +10 kg of soil	3.15	1.03	3.02	0.13	1.2	5.00	3.48
4	300 gram of oil +10 kg of soil	3.00	1.00	2.47	0.8	1.0	4.35	4.17
5	400 gram of oil +10 kg of soil	2.12	0.43	1.52	0.6	0.8	3.21	5.96
6	500 gram of oil +10 kg of soil	1.54	0.25	1.11	0.4	0.6	2.67	6.60
7	600 gram of oil +10 kg of soil	0.47	0.13	0.94	0.2	0.4	1.15	7.41

Suppressing of the activity of biochemical enzymatic processes by oil contamination of soil is explained by violation of the water-air properties of soil and high toxicity created by contamination.

It should be noted the fact that exactly the soil serves as a reservoir, in which contaminants may be accumulated in large amount due to presence of the huge adsorbing interface liquid-solid. Due to the fact the concept of the degree of contamination is closely related to the phytotoxicity of soils, research have been carried out with naturally polluted soils in Petri dishes with such agricultural crops as barley, peas, Lucerne and water-cress. Experiment were carried out under laboratory conditions with soil mass in 100 and 200 gr. Taking into account that water-cress is more sensitive to oil contamination, this crop was especially carefully observed. Observations of germinating seeds were conducted as follows: for the first 10 days the number of sprouted seeds was counted daily and then it is done in 2-5 days. A few days after sowing all the seedlings were measured, the number of live and dead outcomes and absolute seed germination were determined. As a result it was found out that on heavily polluted soils in some places only the germination of plants was observed, but there was no growth, on weakly-polluted soils, the plants get along, but grew up for a long time had a listless oppressed look. Much better development was observed on slightly polluted soils and on soils with minimal polluted, the plants had a good appearance, the sprouts were fresh, elastic, bright green color.

Used oil was taken from Surakhany field as the most typical for the Absheron deposit.

Thus, it was revealed that oil dramatically affects the quality of the environment of organisms,

significantly degrades soil properties as feeding substrate for the plants.

Hydrofob particles make it difficult the entry of moisture to plants roots, violating normal metabolism processes.

Development of the MPC should be carried out in the first place with cultural vegetation, exactly with the one that is eaten by a person or is used as norm for animals. In this case, the MPC should be understood such concentration of the element-contaminant or chemical compound in soil, by which the plant will be clearly contaminated, but not to level, causing pathological changes in humans and animals organisms than MPC for the oil-contaminated soils is 5-6 mg oils per 100 gr soil, since starting from this limit, increase of contaminant concentration leads to complete destruction of plants.

Thus, in the conditions of the Absheron Peninsula it is determined that further criteria of toxicity of the oil-contaminated soils may be: sharp decrease of the enzymatic activity (catalase, phosphatase, invertase, dehydrogenase) across the entire soil profile. The maximum permissible concentration of oil (5-6 gr per 100 gr soil) was determined by artificial polluting of soil with oil.

#### LITERATURE

1. SHARKOVA S.Y. Agrochemical properties of the grey forest soils by contamination of them with oil (Fertility, 2008, N4, 45p.)
2. Kolesnichenko A.V. Processes of biodegradation in the oil-contaminated soils-Moscow "Industrial ecological safety, 2004- 154 p.)
3. Kireyev N.A. Growth and development of the plants of spring wheat at the oil-polluted soils and by bioremediation/ Agrochemistry – 2006, W1- p.85-90.

УДК 547.854.1.789.1

#### **Рахмонов Рахмон Охонович**

*ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук, заведующий лабораторией химии гетероциклических соединений Института химии имени В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана, Таджикистан, г. Душанбе, тел.: +992934260334*

#### **Юлдош Ходжибоев**

*д.х.н., профессор, главный научный сотрудник лабораторией ХГ Института химии имени В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана, тел.: +992900-47-69-69*

#### **Шаринов Шомахмад Сафарович**

*аспирант лабораторией химия гетероциклических соединений Института химии им. В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана, Таджикистан г. Душанб, тел.: +992933261995*

#### **Одилзода Мирзогафур Мирзосабур**

*научный сотрудник, лаборатория химия гетероциклических соединений Института химии им. В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана, г. Душанбе.*

#### **Сафаров Бахрулло Файзуллоевич**

*аспирант лабораторией химии гетероциклических соединений Института химии им. В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана, г. Душанбе.*

#### **Кобилзода Абдукодир Мусобек**

*магистр лабораторией химия гетероциклических соединений*

Института химии им. В.И. Никитина Национальная Академия наук Таджикистана,  
Таджикистан, г. Душанбе, тел.: +992939268486.

**Абдурахмонов Абдулхайр Сухробхонович**  
студент 4-го курса кафедры «Органической и биологической химии»  
Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни,  
Таджикистан, г. Душанбе, телефон: +992209182121.

## СИНТЕЗ И ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПАРА-R-ФЕНИЛИМИДАЗО[2,1-B][1,3,4]-ТИАДИАЗОЛА

**Rakhmonov Rakhmon Okhonovich -**

leading researcher, candidate of chemical sciences,  
head. Laboratory of Chemistry of Heterocyclic Compounds,  
Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe,  
tel. : +992934260334.

Doctor of Chemistry, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of ChGC at the Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan,  
tel. : + 992 900-47-69-69.

**Sharipov Shomakhmad Safarovich -**

Post-graduate student at the Laboratory of Chemistry of Heterocyclic Compounds,  
Institute of Chemistry. IN AND. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Tajikistan, Dushanbe, tel. : +992933261995

**Odilzoda Mirzogatun Mirzosabur -**

Researcher, Laboratory of Chemistry of Heterocyclic Compounds,  
Institute of Chemistry. IN AND. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Dushanbe.

**Safarov Bahrullo Fayzulloevich -**

Post-graduate student at the Laboratory of Chemistry of Heterocyclic Compounds,  
Institute of Chemistry. IN AND. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Dushanbe.

**Kobilzoda Abdukodir Musobek -**

Master in the Laboratory of Chemistry of Heterocyclic Compounds,  
Institute of Chemistry. IN AND. Nikitina National Academy of Sciences of Tajikistan,  
Tajikistan, Dushanbe, tel. : +992939268486.

**Abdurakhmonov Abdulkhair Sukhrobkhonovich -**

4th year student of the Department of Organic and Biological Chemistry,  
Tajik State Pedagogical University named after S. Aini,  
Tajikistan, Dushanbe, phone: +992209182121.

## SYNTHESIS AND FUNCTIONALIZATION OF SOME PARA-R-PHENYLIMIDAZO[2,1-B][1,3,4]-THIADIAZOLE DERIVATIVES

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.15

**Аннотация.** В статье изложено о синтезе новых модификации производных 6-фенил-, 6-п-иодофенил- и 6-п-бромфенилимидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазолов - N-((6-(4-иодофенил)-2-R-имидазо[2,1-b]-[1,3,4]-тиадиазол-5-ил)метил)-алкил/диалкиламин на основе реакции Манниха, бромирования 2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазола и установлению структуры полученных соединений на основе ИК-спектроскопией. Показано, что наличие заместителей 2-ого положения тиадиазольного фрагмента и заместителей 5 и 6-го положении имидазольного фрагмента данного гетероцикла причина проявления неэквивалентного полосы поглощения в имидазо-тиадиазольного фрагменты.

**Annotation.** The article describes the synthesis of new modifications of derivatives of 6-phenyl-, 6-p-iodophenyl- and 6-p-bromophenylimidazo[2,1-b][1,3,4]-thiadiazoles - N-((6-(4-iodophenyl)-2-R-imidazo[2,1-b]-[1,3,4]-thiadiazol-5-yl)methyl)-alkyl/ heterylamine based on the Mannich reaction, bromination 2-((ethylsulfonyl)methyl)-6-phenylimidazo[2,1-b][1,3,4]-thiadiazole and the structure of the resulting compounds was established on the basis of IR spectroscopy. It was shown that the presence of substituents at the 2-nd position of the thiadiazole fragment and substituents at the 5th and 6th positions of the imidazole fragment of this heterocycle cause the appearance of a nonequivalent absorption band in the imidazo-thiadiazole fragment.

**Ключевые слова:** 2-метил-6-п-йодофенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола, 2-(1-хлорэтил)-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]-тиадиазола, электрофильная замещения, полоса поглощения, валентная колебания.

**Keywords:** 2-methyl-6-p-iodophenylimidazo[2,1-b][1,3,4]-thiadiazole, 2-(1-chloro-ethyl)-6-p-bromophenylimidazo[2,1-b][1,3,4]-thiadiazole, electrophilic substitution, absorption band, stretching vibrations.

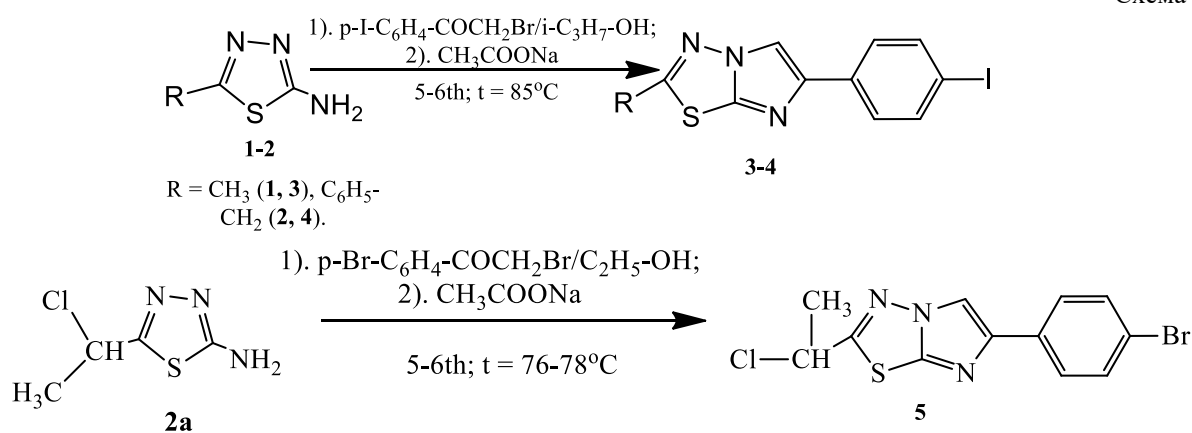
Известно, что в последнее время гетероциклические соединения, содержащие скелета имидазо-[2,1-b][1,3,4]-тиадиазола интенсивно исследуются, как теоретически а так практическом плане. Это прежде всего связана синтезом биологической активности этих соединений, с другой стороны гетероциклических соединений с мостиковым атомом азота, входит в составе некоторых лекарственных препаратов [1-3].

В литературе описаны единичные примеры о синтеза 2-R-6-п-иодофенил- и 2-R-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазолаов, содержащих у атома C<sub>2</sub>-тиадиазольного фрагмента различные заместители, как бром, алкиламин, сульфониламин, 2-арил-2Н-1,2,3-триазолу [4-6]. Однако о синтезе N-((6-(4-R-фенил)-2-

алкил/бензил/сульфонил-имидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазо-5-ил)метил)алкиламинов (где, R = I, H) и 2-(1-хлорэтил)-6-п-бромфенилимидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазолов, исследованные не проводится.

Ранее нами синтезированы новых модификации 2-бром-5-хлорметил-6-п-бромфенил- и 2-(1-бромэтил)/алкилтиоалкилен-5Н-6-фенил/п-бромфенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазолов [5-6]. В настоящей работы с целью продолжение исследования в этой области, нами описаны о синтезе 2-метил-, 2-бензил-6-п-иодофенил-, 2-((этилсульфонил)метил)-6-фенил- и 2-(1-хлорэтил)-6-п-бромфенил-имидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола и исследованные некоторые их химических превращение.

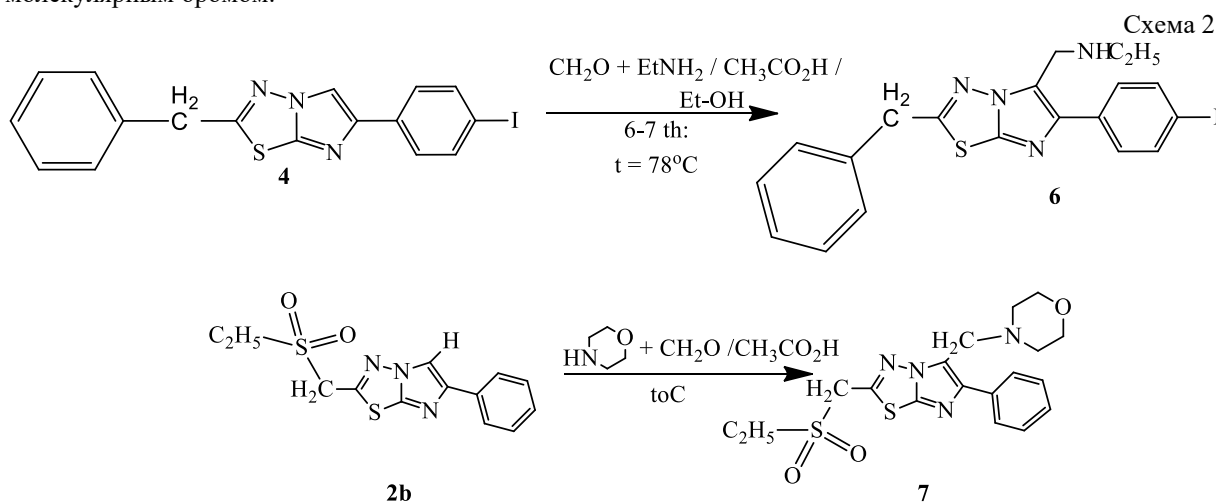
Схема 1



При взаимодействии 1-2 п-иодофенилбромидом (в соотношении 1:1) и соединения 2а п-бромфенилбромидом при нагревании в среде спирта образуются соединения 3 – 5 с хорошим выходом 89-93 и 88 %.

Далее с целью, исследования химических превращение соединения 4 и 2b была проведено реакция электрофильного замещения данных гетероциклов в условиях реакция Манниха и с молекулярным бромом.

При взаимодействии соединения 4 и 2b с формальдегидом, этиламином и морфолином (в соотношении 1:1:1) в присутствии каталитического количество уксусной кислоты в среде этанола образуется 6-7 с хорошим выходом. Следует отметить, что реакция Манниха, как предполагают, протекает через иминиевые соли образующиеся из формальдегида и аминов в присутствии кислоты [7].

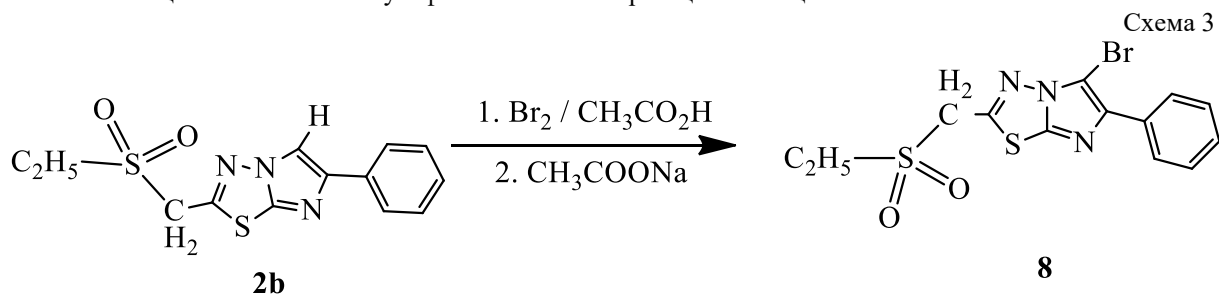


Далее была исследована реакция электрофильного замещения соединения 2b с

молекулярным бромом в среде ледяной уксусной кислоты при комнатной температуре, в результате

образуется 5-бром-2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (**8**) с выходом 98 %. В ходе синтеза было выявлено, что независимо от нахождения во 2-ом и 6-ом положении цикла этилметилсульфонильной и

фенильной группы, протон в 5-ом положении цикла является активным и вступает в реакцию электрофильного замещения, а водорода 4-го положения фенильной группы не затрагивают в реакцию замещение.



Необходимо отметить, что 2-((метилсульфонил)этил)-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола легко вступают с молекулярным бромом в среде уксусной кислоты, с образованием соответствующее 5-бromo-2-((метилсульфонил)этил)-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола, который сообщает в работе [8]. Подобно этому, 2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазола (**2b**) в данном условии гладко протекает с образованием 5-бromo-2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазола (**8**).

Таким образом, нами выявлено, что при циклизации 2-метил-, 2-бензил- и 2-(1-хлорэтил)-5-амино-1,3,4-тиадиазола (**1-2** и **2a**) с п-йодо- и п-бромфенацил-бромистыми при нагревание в спирте образовалось соединения **3-5** с хорошим выходом. А также, нами выявлено, что благодаря повышенной плотности электронов в 5-ом положении имидазольного фрагмента соединения **4** и **2b**, реакция 5-замещенных данных гетероциклов с молекулярным бромом и в условиях реакция Манниха успешно проводит и придают им практических ценных свойств.

**ИК - спектры поглощения.** ИК-спектры соединений **3 - 5** не содержащего 5-CH<sub>2</sub>-NH-Et показал, что могут интерпретировать колебательное спектры имидазотиадиазольного фрагменты на основе литературных данных по спектрам 6-арил-2-(2-арил-2H-1,2,3-триазол-4-ил)имдазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола [4] и наших собственных экспериментальных данных.

Широкая полоса поглощения в высокочастотной области спектра (1344 см<sup>-1</sup>) обусловлена валентному колебаниями C-H<sub>сим.</sub>-связей метильной группа в соединения **3**. Поглощение в области 2970 см<sup>-1</sup> обуславливает присутствием валентной колебание метильной групп, что соответствуют литературным данным [5], а полоса поглощения в области 1627 (для C=N-тиадиазольного фрагмента), 1582 (для C=N-имидазольного фрагмента), 1408 (для C=C-имидазольного фрагмента) и 667 см<sup>-1</sup> (для C-S-C-тиадиазольного фрагмента) имеют значение, что близкое к валентной колебании имидазотиадиазольного фрагмента в 6-арил-2-(2-

арил-2H-1,2,3-триазол-4-ил)имдазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола [4]. Частот колебания п-I-фенильной группа проявляется в сильной поле в области 3415 см<sup>-1</sup>.

В спектрах соединения **4** по сравнению 6-арил-2-(2-арил-2H-1,2,3-триазол-4-ил)имдазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола [4] появляется новая полоса поглощения валентного колебания C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH<sub>2</sub>-фрагмента. В соединения **4** полоса поглощения фенильной группы бензиловый фрагмент по сравнению с 6-п-I-фенилом, проявляется в виде наиболее слабые полосы в области 3134 см<sup>-1</sup>, а плоскостное деформационной поглощения СН валентной колебании обнаружено в области «отпечаток пальца» при 1019-1056 см<sup>-1</sup> в ИК спектрах. Полоса поглощения валентного колебания CH<sub>2</sub>, соседней с фенильной и C<sub>2</sub>-тиадиазольного фрагмента, вследствие связывала с фенильным кольцом понижается примерно на 20 см<sup>-1</sup> и составляют около 1346 см<sup>-1</sup>. По сравнению с 6-арил-2-(2-арил-2H-1,2,3-триазол-4-ил)имдазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола [4], разница в частоты колебания C=N и C-S-C-тиадиазольной и C=N и C=C-имидазольного фрагменты достигает 15, 16 и 20, 15 и составляет около 1627, 674 и 1528, 1475 см<sup>-1</sup>.

Полоса поглощения замещенной 6-п-I-фенильной группы проявляется в области 3072 см<sup>-1</sup>, а СН внеплоскостной деформационной колебании обнаружено в области 819 см<sup>-1</sup>. Для C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH<sub>2</sub>-группы фенильной групп обнаружено в области 3238 см<sup>-1</sup>, CH<sub>2</sub> проявлено в малоинтенсивном областей 2969 см<sup>-1</sup>.

Для соединения **5** полоса поглощения характерному имидазотиадиазольной фрагменты обнаружено в области 1582 и 1634 см<sup>-1</sup> для C=N-имидазо-тиадиазольной фрагменты, 1483 см<sup>-1</sup> для C=C-имидазольной фрагмента, 1288 см<sup>-1</sup> для C-N-между имидазо-тиадиазольной фрагменты данного гетероцикла. Характерной полосы валентной колебании C-S-C-тиадиазольной фрагменты проявлено в области 716 см<sup>-1</sup>. Для экзоциклических функциональных групп 2 и 6 положении соединения **10** полоса поглощения обнаружено в области 2954 см<sup>-1</sup> для CH<sub>3</sub> ассимет., 1395 см<sup>-1</sup> для СН-



деформационной колебания и  $808\text{ см}^{-1}$  для валентном колебания C-Cl.

Полоса поглощения п-бромфенильный групп проявлено в разных типов. Так как, в зависимости от количество атомов водорода, обнаружено плоских деформационной колебания в области  $113$ ,  $1071$  и  $991\text{ см}^{-1}$  и неплоских деформационной колебания в области ниже  $892$  и  $781\text{ см}^{-1}$ . А также для  $\nu_{\text{аром.}} = \nu_{\text{аром.}}$  в области полоса средней интенсивности  $1567\text{ см}^{-1}$  обнаружено обертоное валентной колебания п-бромфенола, что свидетельствует о положение заместителей в бензольном кольцо [9-10].

Замена атома водорода в положения 5 соединения **4** заместителям  $-\text{CH}_2\text{-NH-Et}$  приводит к изменению интенсивности соединений **6**.

По сравнению с **4** у N-((2-бензил-6-(4-иодофенил)имидазо-[2,1-b][1,3,4]-тиадиазол-5-ил)метил)этанамин (**6**), полоса поглощения валентной колебания сдвинута в сторону меньшей слабого поля. Так как, для  $\text{C}=\text{N}$ -имидазотиадиазольного фрагменты и  $\text{C}=\text{C}$ -имидазольного фрагмента полоса поглощения проявлено в области  $1543$ ,  $1505$  и  $1474\text{ см}^{-1}$ . Характерная полоса поглощения C-S-тиадиазольного фрагмента проявлено в области  $685\text{ см}^{-1}$ . Для п-йодфенил и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2$ -группы в зависимости от число атомов водорода в замещенных бензольного кольца [9], обнаружено несколько плоский и неплоский деформационной колебания в области  $1189$ ,  $1139$ ,  $1101$ ,  $933$  и  $819$ ,  $745$  и  $724\text{ см}^{-1}$ . Для  $5\text{-CH}_2\text{-NH-C}_2\text{H}_5$ -группы обнаружено  $2879\text{-}970\text{ см}^{-1}$  для  $\text{CH}_2$ ,  $3135\text{ см}^{-1}$  для  $\text{NH}$  и  $1345\text{ см}^{-1}$  проявляют симметричный тип колебания для  $\text{CH}_3$  в сильном поле.

В ИК-спектрах соединения **2b** характерная эндоциклических полоса поглощения для  $\text{C}=\text{N}$ -, C-S-C-тиадиазольного и  $\text{C}=\text{C}$ -,  $\text{C}=\text{N}$ -имидазольного фрагменты обнаружено в области  $1604$ ,  $695$  и  $1476$ ,  $1517\text{ см}^{-1}$ . Для экзоциклический функциональных группы  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{CH}_2$ - и  $\text{C}_6\text{H}_5$ - полоса поглощения проявлено в виде наиболее интенсивной полосы в ИК-спектре. Так как, для  $\text{SO}_2$ -групп обнаружено две полоса поглощения в области  $1342$  и  $1147\text{ см}^{-1}$ , что относится к  $\nu_{\text{сим.}}$  и  $\nu_{\text{асим.}}$  поглощения сульфогруппа. Проявленные

полосы в области  $2975\text{ см}^{-1}$  относится к  $\text{CH}_3$ , а полоса поглощения в области  $1183$  и  $1257\text{ см}^{-1}$  характерно для веерные  $\text{CH}_2$ .

Для фенильной группы наблюдает две типы колебания: полоса поглощения в области  $1113\text{-}965\text{ см}^{-1}$  относится к плоской деформационной колебания  $\text{CH}$  бензольного кольца, а полосы в области  $895\text{-}862\text{ см}^{-1}$  показано о сильные полосы неплоских деформационных колебания  $\text{CH}$  бензольном кольце.

При переходе от соединения **2b** к **7** и **8** полоса поглощения в имидазотиадиазольного фрагмента проявляется в виде наиболее интенсивной полосы в ИК спектре. По-видимому, это связано, из-за наличием электродонорный групп  $-\text{CH}_2\text{NHEt}$  и электроакцепторной групп  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{-CH}_2$ -,  $-\text{Br}$  в соединении **7-8** (табл. 1). Таким образом, характерные полоса поглощения, которые принадлежит соединениям **7** и **8** обнаружено в области  $1604$ ,  $1687$  и  $687$ ,  $688\text{ см}^{-1}$  для  $\text{C}=\text{N}$ - и C-S-C-тиадиазольного фрагменты,  $1475$  и  $1479\text{ см}^{-1}$  для  $\text{C}=\text{C}$ -имидазольного фрагменты данного гетероциклов. Характерные полосы для  $\text{C}=\text{N}$ -имидазольной фрагменты соединения **7** и **8** обнаружено в области  $1518$  и  $1516\text{ см}^{-1}$ . Полоса поглощения экзоциклических  $5\text{-C-Br}$  и  $6\text{-фенильной}$  группы имидазольного фрагмента соединения **8** наблюдаются в области  $742\text{ см}^{-1}$  и  $1178\text{-}966\text{ см}^{-1}$  для  $\text{CH}$ -плоской деформационной колебания, а также обнаружено неплоские деформационные колебания фенильной групп в области  $935\text{-}882\text{ см}^{-1}$ . Полоса поглощения  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{-CH}_2$ -групп соединения **8** наблюдаются в следующее области:  $1311$  и  $1143\text{ см}^{-1}$  относится к  $\nu_{\text{сим.}}$  и  $\nu_{\text{асим.}}$  поглощения сульфогруппа,  $2973\text{ см}^{-1}$  для  $\nu_{\text{асим.}}$   $\text{CH}_3$ ,  $1443\text{-}1408\text{ см}^{-1}$  относится для  $\text{CH}$ -деформационной колебания  $\text{CH}_2$ -группы.

В ИК-спектрах соединения **7** для  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SO}_2\text{-CH}_2$ -,  $\text{CH}_2$ -морфолина и фенильной группы обнаружено следующее полоса поглощения:  $2975\text{ см}^{-1}$  для  $\nu_{\text{асим.}}$   $\text{CH}_3$ ,  $1442\text{-}1398$  относится деформационной колебания  $\text{CH}_2$ ,  $1151\text{ см}^{-1}$  для  $\nu_{\text{сим.}}$   $\text{SO}_2$ ,  $1112\text{ см}^{-1}$  для C-O-C-морфолина,  $1229\text{-}965$  и  $862\text{ см}^{-1}$  относится  $\text{CH}$ -неплоский и плоский деформационной колебания бензольной групп.

Таблица 1

Отношение полоса поглощения для соединения **3**, **4**, **5**, **6**, **2b**, **7** и **8**

№ соединения	Полоса поглощения, $\text{см}^{-1}$				Экзоциклических функциональных групп
	C=N (тиадиазольной фрагмент)	C=N (имидазольной фрагмент)	C=C (имидазольной фрагмент)	C-S-C (тиадиазольной фрагмент)	
<b>3</b>	1627	1582	1408	667	2970 для $\text{CH}_3$ ; 3415 для п-I- $\text{C}_6\text{H}_4$ ;
<b>4</b>	1627	1528	1475	674	3134 для $\text{C}_6\text{H}_5$ и 1019-1056 деф. кол. в област. «отпечаток пальцы»; 3072 для п-I- $\text{C}_6\text{H}_4$ , 819 для $\text{CH}$ -внеплоск. дефор. колеб.
<b>5</b>	1634	1582	1483	716	2954 для $\text{CH}_{3\text{асим.}}$ ; 1395 для $\text{CH}$ -дефор. кол.; 808

					для валент. кол. C-Cl; 1567 ср. интенс. для $\nu_{\text{аром.}} = \nu_{\text{аром.}}$ ; 113, 1071, 991 для СН плос. деф. колеб.; 892, 781 для неплос. дефор. колеб.
<b>6</b>	1543	1505	1474	685	1189, 1139, 1101 933 для плоск. деф. кол. п-I-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ; 819, 745 и 724 для плоск. деф. кол. C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> .
<b>2b</b>	1604	1517	1476	695	1342 и 1147 для SO <sub>2</sub> -групп; 2975 для CH <sub>3</sub> 1183-1257; для веерной CH <sub>2</sub> ; 1113-965 для плос. дефор. колеб. СН бенз.. кольца; 895-862 для неплос. деформ. колеб. СН бензол. кольца.
<b>7</b>	1604	1518	1475	687	2975 для CH <sub>3</sub> ассим.; 1442-1398 для дефор. колеб. CH <sub>2</sub> ; 1151 для SO <sub>2</sub> симм.; 1112 для C-O-C-морф.; 1229-965 и 862 для СН-неплоский и плоский дефор. колеб. бензол. групп.
<b>8</b>	1687	1516	1479	688	742 для 5-C-Br; 1178-966 и 935-882 для СН-плоск. и неплоск. дефор. колеб. бензола; 1311 и 1143 для $\nu_{\text{сим.}}$ и $\nu_{\text{асим.}}$ погл. SO <sub>2</sub> ; 2973 для CH <sub>3</sub> ассим.; 1443-1408 для СН-дефор. колеб. CH <sub>2</sub> -группы;

Как видно из табл. 1, наличие заместителей 2 и 6 положения и введение функциональных групп на 5 положении данных гетероциклов, влияют на распределение электронной плотности, который происходит изменении в интенсивности некоторых пиков данных соединений. В ИК-спектре полученных соединений, обнаружены характерные полосы поглощения имидазо-тиадиазольного цикла, экзоциклический функциональных групп 2, 5 и 6 положения и других полосы относящиеся данных гетероциклов, что соответствуют литературным данным [4, 9-10].

Таким образом, модифицированные полученные соединения могут служить исходными соединениями для получения производных имидазо[2,1-b][1,3,4]-тиадиазолов с новыми свойствами. А также, исследование ИК-спектров поглощения вышеуказанных производных имидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазолов имеют характерную зависимость от их строения и могут быть использованы для идентификации соответствующих соединений, а также для определения положения заместителей в имидазо[2,1-b][1,3,4]тиадиазольной кольце.

Таблица 2

**Физико-химические свойства синтезированных соединений**

Соединение	Выход, %	Т.пл., °C	Вычислено, %			Найдено, %			Брутто-формула
			C	H	N	C	H	N	
<b>3</b>	89	190-192°C	38.72	2.36	12.32	38.70	2.38	12.30	C <sub>11</sub> H <sub>8</sub> IN <sub>3</sub> S
<b>4</b>	93	96-98°C	48.93	2.90	10.07	48.90	2.91	10.10	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> IN <sub>3</sub> S
<b>5</b>	88	120-122°C	42.06	2.65	12.26	42.10	2.61	42.12	C <sub>12</sub> H <sub>9</sub> BrClN <sub>3</sub> S
<b>6</b>	87	163-165°C	50.64	4.04	11.81	50.61	4.01	11.79	C <sub>20</sub> H <sub>19</sub> N <sub>4</sub> S
<b>2b</b>	96	228-230°C	50.79	4.26	13.67	50.76	4.28	4.30	C <sub>13</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
<b>7</b>	98	110-112°C	53.18	5.45	13.78	53.16	5.43	5.41	C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
<b>8</b>	96	168-170°C	40.42	3.13	10.88	40.40	3.16	3.18	C <sub>13</sub> H <sub>12</sub> BrN <sub>3</sub> O <sub>2</sub> S <sub>2</sub>

Данные элементного анализа С, Н и N для соединения **3**, **4**, **5**, **6**, **2b**, **7** и **8** совпадают с расчетными.

#### Экспериментальная часть

ИК-спектры поглощения синтезирующих веществ были записаны в области 4000 - 600 см<sup>-1</sup> с разрешением 4 см<sup>-1</sup> на сухих образцов с использованием Spectrum 65 FT-IR (Perkin Elmer) спектрометр оснащен MIRACLE ATR (ZnSe) в Институте химии им. В.И. Никитина НАНТ. Спектры были измерены, и каждый был проанализирован и устанавливается с помощью программного обеспечения Perkin Elmer Spectrum, версия 10.03.07<sup>1</sup>.

Температуры плавления определены на микронагревательном столике Voetius. Элементный анализ был проведен в микроаналитической лаборатории Университете Degli L'Aquila Италии. Чистота полученных соединений и ход прохождения реакций контролировали тонкослойной хроматографией на стандартных пластинках "Silufol UV-254" в системах дибутиловый эфир-бутанол-1 (2:1); дибутиловый эфир; этилацетат-диэтиловый эфир (1:1); дибутиловый эфир-изопропанол (5:1).

Соединения **3**, **4** и **5** синтезированы по методике [11], а соединения **2b** получены по методу [8].

**Синтез 2-метил-6-п-йодофенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (3).** К раствору 0.01 моль соединения **1** в 20 мл этанола добавляют эквимолярное количества п-йодофенацилбромистый и кипятят 6 ч. По окончании реакции реакцию массу охлаждают, нейтрализуют ацетатом натрия и отфильтровывают белый осадок, который перекристаллизовывают из этанола. Получают соединения **3** с выходом 1.01 гр (89 %).

**Синтез 2-бензил-6-п-йодофенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (4)** получают аналогично из 0.01 моль соединения **2** и 0.01 моль п-йодофенацилбромистый в изопропанола. Бесцветные кристаллы. Выход 4.17 гр (93 %).

**Синтез 2-(1-хлорэтил)-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (5)** получают аналогично, соединения **3** – при нагревании в этанола. Бесцветные кристаллы (из этанола). Выход 3.43 гр (88 %).

**Синтез N-((6-(4-йодофенил)-2-бензилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазо-5-ил)метил)этанамина (6).** К раствору 0.01 моль соединения **4** в 15 мл этанола добавляют 0.01 моль формальдегида, 0.01 моль этиламина и 2-3 капля уксусной кислоты. Смесь перемешивают 35 мин, затем кипятят с обратным холодильником в течение 6 ч. Выпавший по охлаждению осадок отфильтровывают. Выход 4.74 гр (87 %). Бесцветные кристаллы (из этанола).

**Синтез 2-((этилсульфонил)метил)-5-(морфолинометил)-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (7)** получают аналогично,

соединения **6**. Бесцветные кристаллы (из этанола). Выход 4 гр (98 %).

**Синтез 5-бромо-2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо-[2,1-b][1,3,4]тиадиазола (8).** Смесь 0.01 моль **2-((этилсульфонил)метил)-6-фенилимидазо[2,1-b]-[1,3,4]-тиадиазола (6)** в 20 мл уксусной кислоты и 0.01 моль молекулярного брома в 2 мл уксусной кислоты при 20°C перемешивают 60 мин, добавляют 0.82 гр (0.01 моль) ацетата натрия в 30 мл воды. Выпавший осадок отфильтровывают, сушат и перекристаллизовывают из смеси этанола и бутанола. Выход 3.86 гр (96 %).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Arya, V. P.; Fernandes, F.; Sudarsanam, V. /Synthesis of nitroheterocycles. I. Synthesis of 2-substituted 5-nitrothiophene derivatives and their antimicrobial activity. //CIBA Res. Cent.,Bombay, India. Indian Journal of Chemistry (1972), 10(6), 598-601.
2. Andanappa K. Gadad, Malleshappa N. Noolvi and Rajshekhar V. Karpoornath. / Synthesis and anti-tubercular activity of a series of 2-sulfonamido/trifluoromethyl-6-substituted imidazo[2,1-b][1,3,4]thiadiazole derivatives.// Bioorg. Med. Chem. 2004. 12. 5651–5659.
3. Marin, Asuncion; Valls, Nativitat; Javier Berenguer, Francisco; Alonson, Maria Teresa; Ramon Martinez, Antonio; Mercedes Martinez, Maria; Elguero, Jose. /Aromatic systems with 10 electrons derived from 3a-azapentalene. XLIII. Synthesis and anthelmintic activity of carbamates derived from imidazo[2,1-b][1,3,4]thiadiazole and imidazo[2,1-b]thiazole. //Fac. Farm,Univ. Barcelona, Barcelona, Spain. Farmaco.1992, 47.1. 63-75.
4. Kamal F.M. Atta, Omaira O.M. Farahat. Et al. – J. Molekules, 2011, 16.
5. Рахронов Р.О., Саидов Д.К. и др. Сбор. матер. межд. научно-практич. конф. посв. 1150-летию персид.-таджик. учённого-энциклопед., врача, алхимика и философа Абу Бахра Мухаммада ибн Закария Рази. Душанбе, 27-28 мая 2015 г. С. 51-53.
6. Р.О. Рахронов, Ю.Ходжибаев и др. The 4<sup>th</sup> International Symposium on edible Plant Resources and the bioactive Ingredients. Dushanbe, Tajikistan, July 24<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup>, 2014, pp. 126-127.
7. Беккер Г. Введение в электронную теорию органических реакций. Москва, Мир, 1977, с. 395.
8. Саидов Д.К., Рахронов Р.О. и др. «Вестник» Педагогического Университета Издание Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни, №5 (54), Душанбе, 2013, стр. 20-23.
9. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. Изд-во «Мир», М. 1965. стр. 32-47.
10. Дж. Бранд, Г. Эглинтон. Применение спектроскопии в органической химии. Изд-во «Мир», 1967, 729 стр.

И. Р.О. Рахмонов, Ю.Ходжибаев и др. ДАН РТ  
2012г. –Т. 55. -№10. -С.817-820.

за оказание помощи при выполнении  
спектральных исследований.

<sup>1</sup>Авторы выражают глубокую  
благодарность д.х.н, профессору Мухидинову З.К.

Докторант Султанова Вусаля Сабир гызы  
Ленкоранский Государственный Университет

## BOUNDARY-VALUE PROBLEM FOR A TWO-DIMENSIONAL SECOND ORDER-TYPE EQUATION WITH DISCRETE ADDITIVE AND MULTIPLICATIVE DERIVATIVES

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.16

**Summary.** The present paper is concerned with the study of solutions to the boundary-value problem for a two-dimensional second order-type differential equation with a discrete additive derivative for one argument and a discrete multiplicative derivative for another argument.

We will determine the general solution of the considered equation, containing some derived sequences. Further, these unknown sequences are determined using an assigned boundary condition.

**Keywords:** Boundary-value problem, two-dimensional equation, discrete additive derivative, discrete multiplicative derivative, second order-type equations, general solutions of the equation, solutions of the boundary-value problem.

**Introduction.** As it is known, the boundary-value problem for an ordinary differential equation in both the continuous case [1] – [2] and the discrete case (the so-called finite-difference equation) is well studied [3] – [4]. The boundary-value problems for a differential equation with a multiplicative derivative in the continuous case was started almost a century ago [5], as for the discrete case, it was started in our papers [6] – [7]. We also study boundary-value problems for a second order-type differential equation with discrete

additive-multiplicative and multiplicative-additive derivatives [8] – [9].

The present paper is concerned with the study of solutions to the boundary-value problem for a two-dimensional second order-type differential equation with a discrete additive derivative for one argument and a discrete multiplicative derivative for another argument.

**Setting of the problem:** Let's consider the following boundary-value problem:

$$D_2^{[1]}D_1^{(1)}y_{mn} = f_{mn}, 0 \leq m < M, 0 \leq n < N, (1)$$

$$y_{mN} = ay_{0n} + \varphi_n, 0 \leq n \leq N, (2)$$

$$y_{mN} = by_{m0} + \varphi_m, 0 \leq m \leq M, (3)$$

where  $a, b$  are real constants,  $\varphi_n, 0 \leq n \leq N$ ;  $\varphi_m, 0 \leq m \leq M$  and  $\varphi_m, 0 \leq m \leq M, 0 \leq n \leq N$

are preset real-valued sequences,  $y_{mn}, 0 \leq m < M, 0 \leq n < N$  is the query sequence.

As it is known, the general solution of equation (1) is given by [10]:

$$y_{mn} = y_{0n} + \sum_{s=0}^{m-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{n-1} f_{sk}, m \geq 1, n \geq 1. (4)$$

Substituting the general solution (4) to the boundary condition (2), we obtain:

$$y_{0n} + \sum_{s=0}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{n-1} f_{sk} = ay_{0n} + \varphi_n, n \geq 0,$$

or given that

$$a \neq 1, (5)$$

we have:

$$y_{0n} = \frac{\sum_{s=0}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{n-1} f_{sk} - \varphi_n}{a - 1}, n \geq 0. (6)$$

Then returning to the general solution (4) and substituting it to the boundary condition (3), we obtain:

$$y_{0N} + \sum_{s=0}^{m-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} = by_{m0} + \varphi_m, m \geq 0,$$

or taking into account (6), we have:

$$\frac{\sum_{s=0}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} - \varphi_N}{a - 1} + \sum_{s=0}^{m-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} = by_{m0} + \varphi_m, m \geq 0,$$

or, after simplification, we obtain:

$$\sum_{y=m}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} + a \sum_{s=0}^{m-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} = (a - 1)by_{m0} + (a - 1)\varphi_m + \varphi_N, m \geq 0. (7)$$

Giving  $m$  a value starting from zero, we obtain:  
when  $m = 0$ :

$$\sum_{s=0}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} = (a - 1)by_{00} + (a - 1)\varphi_0 + \varphi_N, (8)$$

when  $m = 1$ :

$$\sum_{s=1}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} + aD_1^{(1)} y_{00} \prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} = (a - 1)by_{10} + (a - 1)\varphi_1 + \varphi_N, (9)$$

Subtracting formula (8) from (9), we get:

$$-D_1^{(1)} y_{00} \prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} + aD_1^{(1)} y_{00} \prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} = (a - 1)b(y_{10} - y_{00}) + (a - 1)(\varphi_1 - \varphi_0),$$

after reducing by  $(a - 1)$ , we have:

$$D_1^{(1)} y_{00} \prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} = bD_1^{(1)} y_{00} + (\varphi_1 - \varphi_0),$$

from which under the conditions of

$$\prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} \neq b, (10)$$

we obtain:

$$D_1^{(1)} y_{00} = y_{10} - y_{00} = \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{\prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} - b}. (11)$$

When  $m = 2$  of (7), we get:

$$\sum_{s=2}^{M-1} (D_1^{(1)} y_{s0}) \prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} + aD_1^{(1)} y_{00} \prod_{k=0}^{N-1} f_{0k} + aD_1^{(1)} y_{10} \prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} = (a - 1)by_{20} + (a - 1)\varphi_2 + \varphi_N. (12)$$

If we subtract formula (9) from (12), we have:

$$-D_1^{(1)} y_{10} \prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} + aD_1^{(1)} y_{10} \prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} = (a - 1)b(y_{20} - y_{10}) + (a - 1)(\varphi_2 - \varphi_1),$$



reducing by  $(a - 1)$ , we get:

$$D_1^{(1)}y_{10} \prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} = bD_1^{(1)}y_{10} + \varphi_2 - \varphi_1$$

or under the condition of

$$\prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} \neq b, (13)$$

we have:

$$D_1^{(1)}y_{10} = y_{20} - y_{10} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\prod_{k=0}^{N-1} f_{1k} - b} (14)$$

Continuing this process under the conditions

$$\prod_{k=0}^{N-1} f_{yk} \neq b, s \geq 0, (15)$$

we get

$$D_1^{(1)}y_{s0} = y_{s+10} - y_{s0}, s \geq 0. (16)$$

Then  $\varphi_{0n}$  is obtained from the event (6).

Thus, we get the following statements:

**Theorem:** If  $a, b$  are real numbers,  $\varphi_n, 0 \leq n \leq N; \varphi_m, 0 \leq m \leq M$  and  $f_{mn}, 0 \leq m < M, 0 \leq n < N$  are preset real-valued sequences, then under the condition (5) and (15) there is a solution to the boundary-value problem (1) – (3), represented as (4) where  $D_1^{(1)}y_{s0} = \frac{\varphi_{s+1} - \varphi_s}{\prod_{k=0}^{N-1} f_{sk} - b}$ ,  $s \geq 0$ , and  $y_{0n}$  is determined by the formula (6).

### Literature

1. Gelfond A.O., Calculus of Finite Differences, Moscow, "Nauka", 1967, p. 376.
2. Aliyev N., Baghirov G., Izadi F.A. Discrete additive analyses, Tarbiat Moallem University. Tabriz. Iran, 1993, 144 pp (Persian).
3. Izadi F.A., Aliyev N., Baghirov G. Discrete Calculus by Analogy. Canada, 2009, 154 p.
4. Wasow W. and Forsythe G., Finite Difference Methods for Partial Differential Equations, IL. Moscow, 1963, p.488.
5. Shishkin G.I. Difference scheme to solve elliptic equations with small parameters at the derivatives. Bakach Center, No. 3, 1978, pp. 89 – 92.

6. Fryazinov I.V., Bakarova M.I. On economic difference schemes to solve the heat-transfer equations in efficient, cylindrical and spatial polar coordinates. JVM and MF, No.9, 1972, pp. 352 – 363.

7. Bronstein I.N. and Semendyaev K.A. Math reference book. Moscow, "Nauka", 1964, p.608.

8. Vorobiev N.N., Fibonacci Numbers (Popular Lectures in Mathematics Series). 6th edition. Moscow, "Nauka", 1984, p. 144.

9. Aliyev N.A., Mamiyeva T.S. Boundary problems for second order discrete multiplicative derivatives of equation. News of Baku University, a series of physical and mathematical sciences, No. 1, 2017, pp. 15-19.

10. Mamiyeva T., Aliyev N. Solution of Cauchy problem for third order discrete multiplicative derivatives of equations. Materials of IV International Scientific Conference of Young Researchers. Baku. 2016, pp. 124.

11. Aliyev N.A., Mamiyeva T.S. Boundary problems for second order discrete multiplicative derivatives of equation. Materials of Republic Scientific Conference on "Nominative Quality Assurance of Higher Education". Lankaran, 2016, pp.4 – 5.

*Malkhaz Mumladze*  
Space of Dynamical System  
Gori University

## STOCHASTIC MODEL OF EVOLUTION OF HOMOTOPY TYPE OF PHASE SPACE OF DYNAMICAL SYSTEM

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.68.17

**Abstract.** In this paper, we introduced the concepts of full number invariant for homotopy type and entropy of homotopy type of some topological spaces.

Based on this concept discrete random process describing evolution of the homotopy type of phase space of closed dynamical system there is built.

In this paper we introduced also the entropy of trajectory of evolution of homotopy type of phase space of closed dynamical system, constructed random value on set this trajectories, proved that the mathematical expectation of this random value coincide to sequence of mathematical expectations in the phase spaces of the constructed random process with respect to the corresponding random values.

*Key words: Topological space, covering, entropy, random process.*

Classification codes 37B02, 37B04, 37H05 .

### Introduction

The evolution of real dynamical systems is reflected in the change in their entropy. This fact must be taken into account in the mathematical modeling of such systems, so it is important to define the entropy concepts of the mathematical objects in which the dynamic systems are represented in the models. Often modeling of a dynamical systems (its phase spaces) is considered to be a continuous or discrete sequence of topological spaces that describe the continuous or discrete time variability of the system. This sequence we called trajectory of changes of phase space. In the work [11] we introduced the concept of entropy of topological space and built a random process that described the evolution of the phase space to the accuracy of the entropy. In this work on the basis introducing the notion of a complete numerical invariant of the homotopy type of topological spaces and the notion of entropy of the homotopy type of a topological space, we construct a random process describing the evolution of the phase space of a closed dynamical system up to homotopy type.

### 1. The Number Invariant of Homotopy Type of Topological Space.

Let  $N$  the set of natural numbers and  $P$  the set of prime numbers. Consider the map  $\varphi: N \rightarrow P$  defined so  $\varphi(1) = 2, \varphi(2) = 3, \varphi(3) = 5, \varphi(4) = 7, \dots, \varphi(n) = p$  where  $p$  is prime number following the prime number  $\varphi(n-1)$ .

Let  $K$  is a finite simplicial complex [4] vertices in which are numbered by prime numbers  $\varphi(1) = 2, \varphi(2) = 3, \varphi(3) = 5, \varphi(4) = 7, \dots, \varphi(n) = p$ . Every simplex  $\sigma^{k+1} = \varphi(n_1)\varphi(n_2)\dots\varphi(n_{k+1}), n_i \leq n, i = 1, 2, \dots, k+1 \leq n$  which vertices are  $\varphi(n_1), \varphi(n_2), \dots, \varphi(n_{k+1}), n_i \leq n, i = 1, 2, \dots, k+1 \leq n$  of  $K$ , we correspond to product  $a_{\sigma^{k+1}} = \varphi(n_1) \cdot \varphi(n_2) \cdot \dots \cdot \varphi(n_{k+1}), n_i \leq n, i = 1, 2, \dots, k+1 \leq n$ . Let  $\{\sigma_{\alpha}^{k_{\alpha}+1}\}$  the family of all simplexes of  $K$  and  $\{a_{\sigma_{\alpha}^{k_{\alpha}+1}}\}$  the family of corresponding numbers. This

family uniquely defines complex  $K$ . Let the sequence  $a_{\sigma_{\alpha_1}^{k_{\alpha_1}+1}}, a_{\sigma_{\alpha_2}^{k_{\alpha_2}+1}}, \dots, a_{\sigma_{\alpha_p}^{k_{\alpha_p}+1}}$  all elements of  $\{a_{\sigma_{\alpha}^{k_{\alpha}+1}}\}$  with essential ordering, i.e.  $a_{\sigma_{\alpha_1}^{k_{\alpha_1}+1}} < a_{\sigma_{\alpha_2}^{k_{\alpha_2}+1}} < \dots < a_{\sigma_{\alpha_p}^{k_{\alpha_p}+1}}$ . Each sequence of natural numbers uniquely defines a rational number represented by continued fraction [15]. Such, every finite simplicial complex and fixed ordering of its vertices uniquely defines rational number. We will denote this number by  $L(K, \lambda), \lambda \in \Lambda$  where  $\Lambda$  is the set of all numberings of vertices with prime numbers of simplicial complex  $K$ . In set of numbers  $\{L(K, \lambda)\}_{\lambda \in \Lambda}$  exist a minimal element. We will denote this element by  $L(K)$  and call it a *simplicial number* of complex  $K$ .

Finally we have built a injective mapping from set of finite simplicial complexes to set rational numbers

$$L: \{K\} \rightarrow Q.$$

Since every rational number is uniquely represented as a continued fraction of a finite sequence of natural numbers, knowing the rational number  $L(K)$  we can construct simplicial complex  $K$ .

Let new radical of number  $n \in N$  is the product  $Rad(n) = \varphi(n_1)\varphi(n_2)\dots\varphi(n_{k+1})$ . Consider a  $k$  dimensional Euclidean Simplex  $K$  which vertices are numbered by  $\varphi(n_1), \varphi(n_2), \dots, \varphi(n_{k+1})$  numbers. Every such product uniquely defines Euclidean simplex and each finite sequence of natural numbers  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i$  represents a finite Simplicial complex in which simplexes represented by numbers  $n_{i_1}$  and  $n_{i_2}$  have common edge if  $Rad(n_{i_1})$  and  $Rad(n_{i_2})$  contain common factors. The dimension of the common edge, depends on number of the common factors. Each sequence of natural numbers uniquely defines rational number represented by continued fraction. It follows, that every rational number uniquely defines finite simplicial complex. Let new vertices of complex  $K$  is numbered with prime numbers  $\varphi(n_1), \varphi(n_2), \dots, \varphi(n_i)$ , Every simplex of complex  $K$  is corresponding to product  $\varphi(n_{i_1}) \cdot$

$\varphi(n_{i_2}), \dots, \varphi(n_{i_{k+1}}), k \leq l$ , the sequence of such products uniquely defines complex  $K$ .

Such we have surjective map from set of rational numbers to set of finite simplicial complexes

$$P: Q \rightarrow \{K\}.$$

It is easy, that

$$L(K) \in P^{-1}(K), P \circ L: \{K\} \rightarrow \{K\} = id_{\{K\}}.$$

Let  $X$  compact topological space which admits a pseudo-convex open covering [11] and the  $O(X)$  minimal finite pseudo-convex open covering i.e.  $O(X)$  contains minimal number of pseudo-convex open sets. It is known that geometric realization of  $N(O(X))$  nerve [4] is homotopy equivalent to the space  $X$  [1]. Rational number  $L(N(O(X)))$  uniquely defines simplicial complex  $N(O(X))$ , It follows that rational number  $L(N(O(X)))$  uniquely define homotopy type of compact topological spaces  $X$  if it admits finite pseudo-convex open covering [11].

Let new  $K$  simplicial complex with countable vertices. We number the vertices of simplicial complex with prime numbers. If  $\sigma$  simplex in  $K$  then it will be represented by product  $p_1 p_2 \dots p_{k+1}$ . If we order these products of primes in a natural way, we get an infinite sequence of natural numbers which defines a continued fraction representing an irrational number [15] and which uniquely defines a given simplicial complex with a countable number of vertices. On the contrary, each irrational number decomposes into a continued fraction corresponding to an infinite sequence of natural numbers and therefore defines a simplicial complex. Note that if the sequence representing a given irrational number contains one, they will be discarded, the resulting sequence is unique with respect to the given irrational number, and therefore this number uniquely determines the simplicial complex.

Let  $X$  topological space which admits countable locally finite pseudo-convex covering, and  $[O_\alpha]$  is minimal such covering i.e. if  $O_\alpha, O_\beta \in \{O_\alpha\}$  then  $O_\alpha \not\subset O_\beta, O_\beta \not\subset O_\alpha$ . The geometric realization of the simplicial complex  $N(\{O_\alpha\})$  has the same homotopy type as the space  $X$  [1]. From what was said above it follows that the complex  $N(\{O_\alpha\})$  and the fixed ordering of its vertices uniquely corresponds to the real number  $r$ . Let  $a_n, n = 1, 2, 3, \dots$  suitable fractions of continued fraction of this number. Each of this suitable fractions  $a_n, n = 1, 2, 3, \dots$  uniquely defines finite simplicial complex  $K_{a_n}$  and homotopy type of geometric realization of this complex  $|K_{a_n}|$ . Let  $H(|K_{a_n}|)$  entropy of the homotopy type  $[|K_{a_n}|]$ . If exist, finite or infinite  $\lim_{n \rightarrow \infty} H(|K_{a_n}|)$ , then call this number entropy of homotopy type of space  $X$ .

#### 1. Entropy of Homotopy Type of Compact Topological Space and Evolution of Phase Space of Closed Dynamical Systems

In work [11] we called the entropy of the compact topological space  $X$ ,  $f$  if it admits pseudo-convex open covering, the number  $\frac{n}{m}$  where  $n$  is minimal number of elements of open pseudo-convex coverings among all

finite pseudo-convex coverings of  $X$  and  $m$  is the number of orbits in every  $n$  element-containing coverings at the actions by covering preserving corresponding homeomorphisms. Let  $N(O(X))$  is nerve  $O(X)$  where  $O(X)$  is pseudo-convex open covering of  $X$  which contains minimal number of elements  $n$ . The number  $\frac{n}{k}$  where  $k$  is the number of orbits in every  $n$  element-containing set of vertices of  $N(O(X))$  at the actions by automorphisms of  $N(O(X))$ . This numbers are different, therefore number of the covering  $O(X)$  preserving homeomorphisms is less than number of the automorphisms of  $N(O(X))$ .

**Definition 1.** We call the entropy of homotopy type of compact topological space the number  $\frac{n}{k}$  where  $n$  is minimal number of elements of open pseudo-convex coverings, among all finite pseudo-convex coverings of  $X$  and  $k$  is the number of orbits in every  $n$  element-containing set of vertices of  $N(O(X))$  at the actions by automorphisms of  $N(O(X))$  where  $O(X)$  is pseudo-convex open covering of  $X$  which contains  $n$  elements.

Denote entropy of homotopy type of compact topological space  $X$  by  $H_{ht}(X)$ . In work [11] we denoted entropy of compact topological space  $X$  by  $H(X)$ . It is clear that

$$H(X) \leq H_{th}(X)$$

Time is the total characteristic of changes, each a physical system has its own time, when describing the evolution of the phase space of a closed system, the role of time can be taken to change its entropy. Let new  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots$  the discrete sequence of topological spaces that describes one realization of the evolution of homotopy type of phase space of a some dynamical system in discrete time and let  $X_i, i = 1, 2, \dots$  compact topological spaces which admits pseudo-convex coverings. If a system is closed, then with the evolution of the homotopy type of phase space of such a system, the entropy grows. Therefore

$$H_{th}(X_1) \leq H_{th}(X_2) \leq \dots \leq H_{th}(X_k) \leq \dots$$

$$\frac{n_1}{k_1} \leq \frac{n_2}{k_2} \leq \dots \leq \frac{n_n}{k_n} \leq \dots$$

Moments of time for each state  $X_i$  of the phase space can be identified with the value of the entropy  $H_{ht}(X_i)$  of homotopy type. Based on such considerations we will build a random process which describes the evolution of the homotopy type of the phase space of a closed system. As we said above, each compact topological space which admits open pseudo-convex covering corresponds to a rational number  $L(N(O(X)))$  where is  $N(O(X))$  nerve of minimal pseudo-convex covering of this topological space.

Let  $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots$  ascending sequence of points in time i.e. entropy values. Let  $\mathfrak{S}_{t_n}, n = 1, 2, \dots$  the set of rational numbers which represents homotopy type of compact topological spaces which admits minimal finite open pseudo-convex covering, and whose

entropy of homotopy type is less than  $t_n$  and that all simplicial complex with vertices from the set of elements of minimal open pseudo convex coverings of topological spaces which homotopy entropy less than  $t_n$ , has the homotopy type of such a compact topological space whose homotopy entropy is less than  $t_n$ . It is clear that the sets  $\mathfrak{S}_{t_n}, n = 1, 2, \dots$  are finite. Let Define on the sets  $\mathfrak{S}_{t_n}$  probability measures [2,5,6,12]  $\mu_{t_n}$  so: let measure  $\mu_{t_n}$  of one point subset  $\{\alpha_i\}$  is number

$$\mu_{t_n}(\{\alpha_i\}) = \frac{H_{ht}(X_{\alpha_i n})}{\sum_{i=1}^l H_{ht}(X_{\alpha_i n})}$$

where  $l$  number of elements in the set  $\mathfrak{S}_{t_n}$  and  $X_{\alpha_i n}$  topological space which homotopy type represents number  $\alpha$  and measure for subset  $\{\alpha_i\}_{i=1,2,\dots,k \leq l} \subset \mathfrak{S}_{t_n}$  is number

$$\mu_{t_n}(\{\alpha_i\}_{i=1,2,\dots,k \leq l}) = \sum_{i=1}^k \mu_{t_n}(\{\alpha_i\}) .$$

This probability measure defines on the set  $\mathfrak{S}_{t_n}$  random value  $f_{t_n}$  with distribution law [2,5,5,12]

$$f_{t_n} = \begin{matrix} \{\alpha_1^{t_n}\}, & \{\alpha_2^{t_n}\}, & \dots & , \{\alpha_{l_n}^{t_n}\} \\ \mu_{t_n}(\{\alpha_1^{t_n}\}), & \mu_{t_n}(\{\alpha_2^{t_n}\}), & \dots & \mu_{t_n}(\{\alpha_{l_n}^{t_n}\}) \end{matrix}$$

In what follows we mean that  $\mathfrak{S}_{t_n}$  is such that the entropy of topological space which homotopy type defined by number  $E(f_{t_n})$  has entropy which does not exceed  $t_n$ , where  $E(f_{t_n})$  is the mathematical expectation [2,6,12]

$$E(f_{t_n}) = \sum_{i=1}^k \alpha_i \mu_{t_n}(\alpha_i)$$

$$M_{t_n} = (p_{ij}(\alpha_i^{t_n} \rightarrow \alpha_j^{t_{n+1}}) = \mu_{t_{n+1}}(\alpha_j^{t_{n+1}}), i = 1, 2, \dots, l_{t_n}, j = 1, 2, \dots, l_{t_{n+1}}; \alpha_i^{t_n} \in \mathfrak{S}_{t_n}, \alpha_j^{t_{n+1}} \in \mathfrak{S}_{t_{n+1}})$$

Consider sequence

$$[X_{f_{t_1}}], [X_{f_{t_2}}], \dots, [X_{f_{t_n}}], \dots$$

Where  $[X_{f_{t_n}}], n = 1, 2, \dots$  class of all topological spaces which have homotopy type defined by  $E(f_{t_n})$ . This sequence determines the most likely trajectory of the evolution of the phase space of closed dynamical system.

In the sequence  $[X_{f_{t_n}}], n = 1, 2, \dots$  entropy  $H([X_{f_{i_n}}]) \rightarrow \infty$  when  $n \rightarrow \infty$ . If  $\lim_{n \rightarrow \infty} [X_{f_{i_n}}] = X$  then  $X$  will be homotopy equivalent to countable simplicial complex and  $H_{ht}([X]) = \infty$ .

$$\sum_{i_1, i_2, \dots, i_n} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}) = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}) = \sum_{i_1, i_2, \dots, i_n, \dots} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}, \dots) = 1$$

It follows that the measure  $\otimes_{t_n} \mu_{t_n}$  is probability measure

Let

$$(\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots) \in \otimes_{t_n} \mathfrak{S}_{t_n}$$

represents one of realization of random process which describes evolution of phase space of closed dynamical system. Consider the random value

$$f(\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots) = p((\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)) = \otimes_{t_n} \mu_{t_n}(\alpha_{t_n}) ,$$

In the set  $\mathfrak{S}_{t_n}$  all elements are rational numbers therefore in  $\mathfrak{S}_{t_n}$  we have the addition and multiplication

of random value  $f_{t_n}$ .

The sequence  $\{(\mathfrak{S}_{t_n}, f_{t_n}), n = 1, 2, \dots\}$  is a discrete Markov-type [2,13] random process with transition matrices

Consider new the family  $\{(\mathfrak{S}_{t_n}, B_{t_n}, \mu_{t_n})\}$  and probability measure  $\otimes_{t_n} \mu_{t_n}$  on the  $\{ \otimes_{t_n} \mathfrak{S}_{t_n}, \otimes_{t_n} B_{t_n} \}$  [3,9,10]. Each element of  $\otimes_{t_n} \mathfrak{S}_{t_n}$  represents trajectory of realization of the constructed above random process. for this measure has place equality  $\otimes_{t_n} \mu_{t_n}(b) = \prod_{t_n} \mu_{t_n}(b_{t_n})$  where  $b_{t_n}$  element of  $\sigma$ -algebra  $B_{t_n}, b = b_{t_1} \times b_{t_2} \times \dots \times b_{t_n} \times \dots \in \times_{t_n} B_{t_n} = \{b_{t_1} \times b_{t_2} \times \dots \times b_{t_n} \times \dots | b_{t_n} \in B_{t_n}\}$  and  $\sigma$ - algebra  $\otimes_{t_n} B_{t_n}$  generated by product  $\times_{t_n} B_{t_n}$ .

operations, because in the set  $\otimes_{t_n} \mathfrak{S}_{t_n}$  also we have the addition operation and the operation of multiplying an

element by rational number . It makes it possible a calculation of the mathematical expectation

$$E(f) = \sum_{(\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)} (\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots) p((\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)) = \\ (\sum_{\alpha_{t_1}} \alpha_{t_1} p((\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)), \sum_{\alpha_{t_2}} \alpha_{t_2} p((\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)), \dots, \sum_{\alpha_{t_n}} \alpha_{t_n} p((\alpha_{t_1}, \alpha_{t_2}, \dots, \alpha_{t_n}, \dots)), \dots)$$

**Theorem** . Sequence of mathematical expectations of random values  $f_{t_n}, n = 1, 2, \dots$  will be coincide to mathematical expectation of random value  $f$

*Proof* : We prove the theorem by induction with respect to  $n$ . Let  $n = 2$  and taken two random value:

$$f_{t_1} = \begin{matrix} \{\alpha_1^{t_1}\}, & \{\alpha_2^{t_1}\}, & \dots & , \{\alpha_{l_2}^{t_1}\} \\ \mu_{t_2}(\{\alpha_1^{t_2}\}), & \mu_{t_2}(\{\alpha_2^{t_2}\}), & \dots & \mu_{t_2}(\{\alpha_{l_2}^{t_2}\}) \end{matrix}$$

$$f_{t_2} = \begin{matrix} \{\alpha_1^{t_2}\}, & \{\alpha_2^{t_2}\}, & \dots & , \{\alpha_{l_2}^{t_2}\} \\ \mu_{t_2}(\{\alpha_1^{t_2}\}), & \mu_{t_2}(\{\alpha_2^{t_2}\}), & \dots & \mu_{t_2}(\{\alpha_{l_2}^{t_2}\}) \end{matrix}$$

Consider set of the sequences with two members  $\{(\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})\}_{i=1,2,\dots,l_1, j=1,2,\dots,l_2}$ . On the this set we have measure  $\mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}$ , for which the formula  $\mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})) = \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2})$  holds .

If  $f((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2}))_{i=1,2,\dots,l_1, j=1,2,\dots,l_2} = \mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})) = \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2})$  distribution of random value

$$f = \sum_{(\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})_{i=1,2,\dots,l_1, j=1,2,\dots,l_2}} (\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2}) \mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})) = \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2})'$$

Then

$$E(f) = \sum_{i=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) (\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2}) = \sum_{i=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{l_2} (\mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_i^{t_1}, \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_j^{t_2})$$

And

$$E(f_{t_1}) = \sum_{i=1}^{l_1} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \alpha_i^{t_1} = \sum_{i=1}^{l_1} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \alpha_i^{t_1} \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) = \sum_{i=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_i^{t_1} = \\ = \sum_{i=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})) \alpha_i^{t_1}.$$

Similarly we will show tha

$$tE(f_{t_2}) = \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_j^{t_2} = \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_j^{t_2} \sum_{i=1}^{l_1} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) = \sum_{j=1}^{l_2} \sum_{i=1}^{l_1} \mu_{t_1}(\alpha_i^{t_1}) \cdot \mu_{t_2}(\alpha_j^{t_2}) \alpha_j^{t_2} = \\ = \sum_{i=1}^{l_1} \sum_{j=1}^{l_2} \mu_{t_1} \otimes \mu_{t_2}((\alpha_i^{t_1}, \alpha_j^{t_2})) \alpha_j^{t_2}.$$

Let new the theorem is true when  $n = k$ . Consider the case

$n = k + 1$ . The equality  $(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}}) = ((\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}), \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}})$  holds. From this equality follows that

$$E(f_{t_{k+1}}) = \sum_{j=1}^{l_{k+1}} \mu_{t_{k+1}}(\alpha_j^{t_{k+1}}) \alpha_j^{t_{k+1}} = \sum_{j=1}^{l_{k+1}} \mu_{t_{k+1}}(\alpha_j^{t_{k+1}}) \alpha_j^{t_{k+1}} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k}^{i=1} \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}) =$$



$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i_1, i_2, \dots, i_{t_k}} \sum_{i_{k+1}}^{i=1} \otimes \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}) \cdot \mu_{t_{k+1}}(\alpha_j^{t_{k+1}}) \alpha_j^{t_{k+1}} \\
 &= \sum_{i_1, i_2, \dots, i_{t_k}} \sum_{j=1}^{i=1} \otimes \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}, \alpha_j^{t_{k+1}}) \alpha_j^{t_{k+1}} = \\
 &\quad \sum_{i_1, i_2, \dots, i_{t_k}, i_{k+1}} \otimes \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}, \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}}) \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}}.
 \end{aligned}$$

Similarly we will show that,

$$E(f_{t_p}) = \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k+1}} \otimes_{i=1}^{i_{k+1}} \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}, \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}}) \alpha_{i_p}^{t_p} \quad t_{t_1} \leq t_p < t_{k+1}.$$

It follows that

$$\begin{aligned}
 \lim_{k \rightarrow \infty} E(f_{t_p}) &= \lim_{k \rightarrow \infty} \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k+1}} \otimes_{i=1}^{i_{k+1}} \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}, \alpha_{i_{k+1}}^{t_{k+1}}) \alpha_{i_p}^{t_p} \\
 &= \sum_{i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k+1}} \otimes_{i=1}^{i_{k+1}} \mu_{t_k}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_k}^{t_k}, \dots) \alpha_{i_p}^{t_p}
 \end{aligned}$$

The theorem is proved .

Let's call the infinite product  $H_{ht}([X_{\alpha_{i_1}^{t_1}}], [X_{\alpha_{i_2}^{t_2}}], \dots, [X_{\alpha_{i_n}^{t_n}}], \dots) = \prod_{n=1}^{\infty} H_{ht}(\alpha_{i_n}^{t_n})$  the entropy of the trajectory  $[X_{\alpha_{i_1}^{t_1}}], [X_{\alpha_{i_2}^{t_2}}], \dots, [X_{\alpha_{i_n}^{t_n}}], \dots$  of evolution of homotopy type of phase space of closed dynamical system; where

$H_{ht}(\alpha_{i_n}^{t_n})$ , entropy of homotopy type of space  $X_{\alpha_{i_n}^{t_n}}$  defined by number  $\alpha_{i_n}^{t_n}$ .

There exist [7,8,14] definitions of entropy trajectory in dynamical system but, it is definition of entropy of trajectory of material point in a phase space of dynamical system.

$$\otimes_{t_n} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}, \dots) = \prod_n \mu_{t_n}(\alpha_{i_n}^{t_n}) = \prod_n \frac{H_{ht}(\alpha_{i_n}^{t_n})}{\sum_{j_n} H_{ht}(\alpha_{j_n}^{t_n})}$$

This equality shows it is necessary  $\lim_{n \rightarrow \infty} H_{ht}(\alpha_{i_n}^{t_n}) = \infty$  that the product  $\otimes_{t_n} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}, \dots)$  be non zero. In other cases always  $\otimes_{t_n} \mu_{t_n}(\alpha_{i_1}^{t_1}, \alpha_{i_2}^{t_2}, \dots, \alpha_{i_n}^{t_n}, \dots) = 0$ .

**Conclusions**

1. In paper is introduced the concepts of full number invariant for homotopy type of some topological spaces.
2. In paper is defined entropy of homotopy type of some topological spaces.
3. In paper is constructed discrete random process describing evolution of the homotopy type of phase space of closed dynamical system.
4. In paper is introduced the concepts of entropy of trajectory of evolution of homotopy type of phase space of closed dynamical system.
4. In paper proved that the mathematical expectation of this random value coincide to sequence of mathematical expectations in the phase spaces of the constructed random process with respect to the corresponding random values.

**References.**

- [1]. T.A.Chapman Lecture on Q-manifolds Moscow 1981 (in Russian).
- [2]. J.L. Doob Stochastic processes New-York- John Wiley & Sons, London- Chapman & Hall 1953.
- [3]. J. Bell *Infinite product measures*. Departments of Mathematics, university of Toronto, May 10, 2015.
- [4]. Edwin H. Spanier Algebraic Topology, McGRAW HILL BOOK COMPANY 1966.
- [5]. V.I. Bogachev, Measure Theory Springer 2007.
- [6]. R. Ash Probability and measure theory, Academic Press; 2 edition 1999.
- [7]. Ya.G. Sinai, "On the Notion of Entropy of a Dynamical System," Doklady of Russian Academy of Sciences, 1959.
- [8]. T. Downarowicz Entropy in dynamical Systems, New Mathematical Monograph, Cambridge University Press, Cambridge 2011.
- [9]. Sadahiro Saek AP roofof, the Existence of Infinite Product Probability Measures, The American Mathematical Monthly, Vol. 103, No. 8, 1996.
- [10]. J.C . Sampedro GENERAL COUNTABLE PRODUCT MEASURES JUAN CARLOS SAMPEDRO препринт arXiv arXiv: 1910.04914, 2019 - arxiv.org.

[11]. Malkhaz Mumladze. Entropy of Topological Space and Evolution of Phase Space of Dynamical Systems. *International Journal of Management and Fuzzy Systems*. Volume 6, Issue 1, March 2020, Pages: 8-13 2020.

[12]. P. BILLINGSLEY Probability and Measure, Third Edition The University of Chicago, A Wiley-Interscience Publication WILEY & JOHNSON New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore 1995.

[13]. E. B. Dynkin and A. A. Yushkevich Markov Processes, English Plenum Press, New York, 1969.

[14]. Lei ZHANG, Lei Jun LIU W, LI Sparse, Trajectory Prediction Method Based on Entropy Estimation IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems Vol. E99-D No. 6. 2016.

[15]. Gautam Gopal Krishnan, Continued Fractions Notes for a short course at the Ithaca High School, Senior Math Seminar Cornell University, August 22, 2016.

#4(68), 2021 часть 1  
Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)  
Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.  
Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.  
Периодичность: 12 номеров в год.  
Формат - А4, цветная печать  
Все статьи рецензируются  
Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#4(68), 2021 part 1  
Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)  
The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.  
The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.  
Periodicity: 12 issues per year.  
Format - A4, color printing  
All articles are reviewed  
Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Клиmek (Польская академия наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия наук)**

**Михал Невядомский (Институт международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dziedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>