

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»

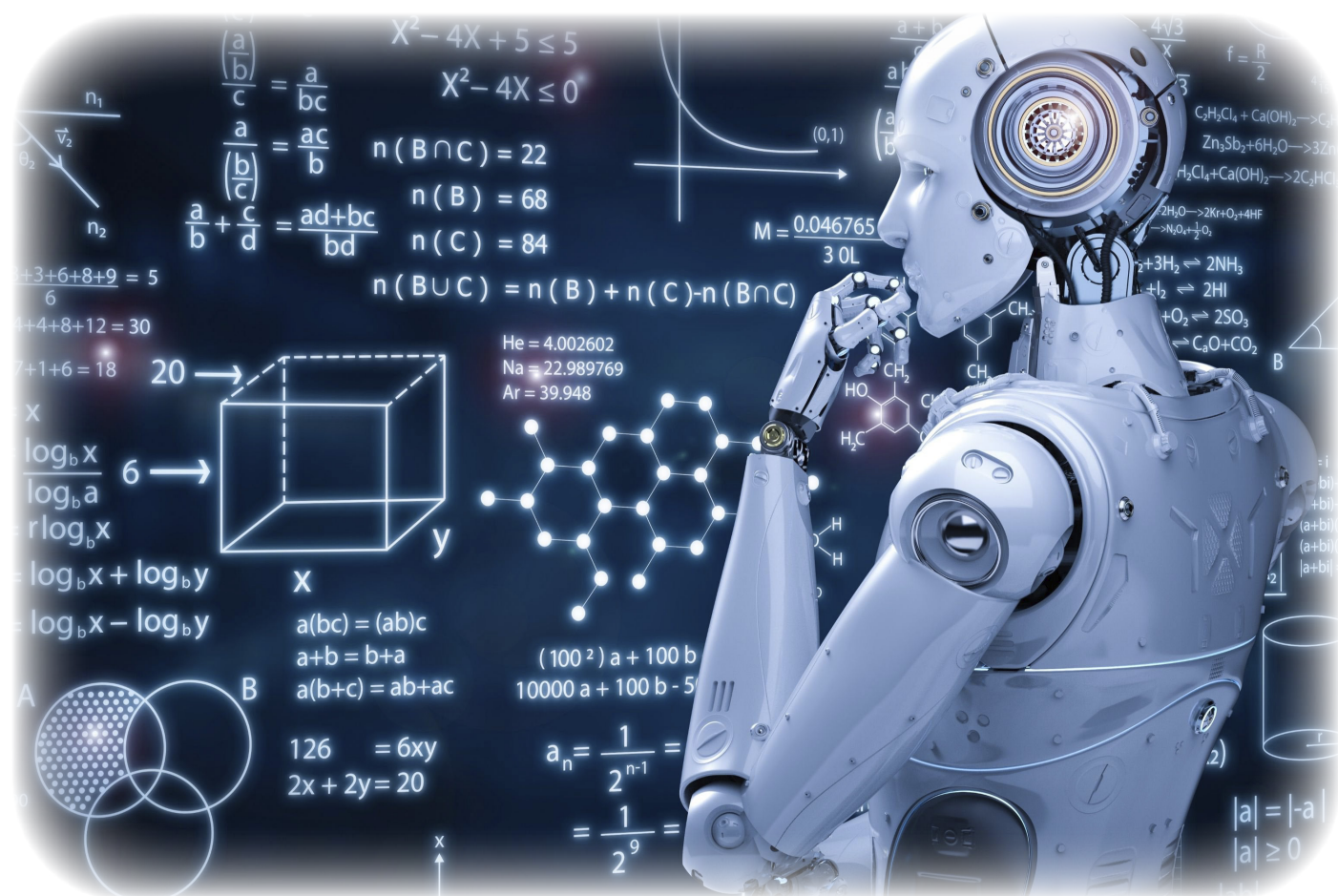
ISSN 2520-2057 (print)
ISSN 2520-2065 (online)

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»



№ 5 (105) / 2021
1 ТОМ



**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»**

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

Збірник наукових праць

№ 5 (105)

1 том

Київ 2021



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

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

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

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

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

Редакція:

Головний редактор: **Коваленко Дмитро Іванович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)
Випускаючий редактор: **Золковер Андрій Олександрович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)
Секретар: **Колодич Юлія Ігорівна**

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії: **Камінська Тетяна Григорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Заступник голови редакційної колегії: **Курило Володимир Іванович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Київ, Україна)
Заступник голови редакційної колегії: **Тарасенко Ірина Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Бєліков Анатолій Серафимович** — доктор технічних наук, професор (Дніпро, Україна)
Член редакційної колегії: **Луценко Ігор Анатолійович** — доктор технічних наук, професор (Кременчук, Україна)
Член редакційної колегії: **Мельник Вікторія Миколаївна** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Наумов Володимир Аркадійович** — доктор технічних наук, професор (Калінінград, Російська Федерація)
Член редакційної колегії: **Румянцев Анатолій Олександрович** — доктор технічних наук, професор (Краматорськ, Україна)
Член редакційної колегії: **Сергейчук Олег Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Чабан Віталій Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Аль-Абабнех Хасан Алі Касем** — кандидат технічних наук (Амман, Йорданія)
Член редакційної колегії: **Артюхов Артем Євгенович** — кандидат технічних наук, доцент (Суми, Україна)
Член редакційної колегії: **Баширбейлі Адалат Ісмаїл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)
Член редакційної колегії: **Кабулов Нозімжон Абдукаримович** — кандидат технічних наук, доцент (Республіка Узбекистан)
Член редакційної колегії: **Коньков Георгій Ігорович** — кандидат технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Кузьмін Олег Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Почужевский Олег Дмитрович** — кандидат технічних наук, доцент (Кривий Ріг, Україна)
Член редакційної колегії: **Саньков Петро Миколайович** — кандидат технічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

Розділ «Біологічні науки»:

Член редакційної колегії: **Сенотрусова Світлана Валентинівна** — доктор біологічних наук, доцент (Москва, Російська Федерація)
Член редакційної колегії: **Федоненко Олена Вікторівна** — доктор біологічних наук, професор (Дніпро, Україна)
Член редакційної колегії: **Базаров Бахрідін Махаммадійович** — кандидат біологічних наук, доцент (Самарканд, Узбекистан)
Член редакційної колегії: **Ісмаїлова Мархамат Абдірашидівна** — кандидат біологічних наук, доцент (Самарканд, Узбекистан)
Член редакційної колегії: **Маренков Олег Миколайович** — кандидат біологічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

Розділ «Психологічні науки»:

Член редакційної колегії: **Цахаєва Анжеліка Аміровна** — доктор психологічних наук, професор (Махачкала, Республіка Дагестан, Російська Федерація)

Член редакційної колегії: **Щербан Тетяна Дмитрівна** — доктор психологічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, ректор Мукачівського державного університету (Мукачеве, Україна)

Член редакційної колегії: **Кулікова Тетяна Іванівна** — кандидат психологічних наук, доцент (Тула, Російська Федерація)

Член редакційної колегії: **Фільова-Русєва Красимира Георгієва** — кандидат психологічних наук, доцент (Пловдив, Республіка Болгарія)

Розділ «Географічні науки»:

Член редакційної колегії: **Набієв Алпаша Алібек** — доктор наук з геоінформатики, старший викладач (Баку, Азербайджанська Республіка)

Член редакційної колегії: **Свинухов Володимир Геннадійович** — доктор географічних наук, професор (Москва, Російська Федерація)

Розділ «Архітектура»:

Член редакційної колегії: **Булах Ірина Валеріївна** — кандидат архітектури (Київ, Україна)

Розділ «Фізичне виховання та спорт»:

Член редакційної колегії: **Мулик Вячеслав Володимирович** — доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор (Харків, Україна)

ЗМІСТ
CONTENTS
СОДЕРЖАНИЕ

АРХІТЕКТУРА

- Захаров Юрій Олександрович, Авдєєва Наталія Юріївна**
ПРОБЛЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ»
У АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ 7

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

- Крайнюков Олексій Миколайович, Кривицька Іветта Анатоліївна,
Філатов Віктор Миколайович**
ДОСЛІДЖЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ
(НА ПРИКЛАДІ С. ЛИПЦІ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ) 16

ВІЙСЬКОВІ НАУКИ

- Абрамова Марина Вадимівна, Абрамов Антон Павлович**
ПІДХІД ДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ФІНАНСУВАННЯ ПОТРЕБ ЗБРОЙНИХ
СИЛ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ЇХ РОЗВИТКУ 19

ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

- Мищенко Юрій Дмитрієвич**
ПРИРОДА ТУРБУЛЕНТНОСТІ СТРУЙ ПОТОКІВ 24

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Шевага Діана Олександрівна, Рисін Сергій Валентинович**
ПОВУДОВА МОДЕЛЕЙ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ ЗА ЯСКРАВОСТНИМИ ТА
ГЕОМЕТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗОБРАЖЕНЬ СПЕКЛ-ТРЕКІНГ
ЕХОКАРДІОГРАФІЇ..... 30

ПСИХОЛОГІЧНІ НАУКИ

- Тесленко Тетяна Миколаївна**
ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТНИМИ СИТУАЦІЯМИ
У ТРУДОВОМУ КОЛЕКТИВІ..... 36

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

- Rohovyi Denys, Pogorilyy Sergiy**
TELEGRAM CHATBOT AS AN ADDITIONAL TOOL FOR LINUX AND UNIX SYSTEMS
ADMINISTRATION 41

Бондаренко Нікіта Володимирович, Іванішин Іван Володимирович
МЕТОДИ КОНВЕРТАЦІЇ ДОКУМЕНТІВ ФОРМАТІВ PDF ТА DOC 45

Іванов Володимир Георгійович
ПОБУДОВА І АНАЛІЗ ЛОКАЛЬНО ПОВ'ЯЗАНИХ ПРОЦЕДУР І СТРУКТУР ХААРА 48

Климчук Марія Ігорівна, Кисляк Сергій Володимирович
ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ CPG-ОСТРІВЦІВ..... 53

Паршин Анатолій Павлович
РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ БІНС З НЕОРТОГОНАЛЬНИМ РОЗТАШУВАННЯМ
ВИМІРЮВАЧІВ 59

Репнікова Наталія Борисівна, Гнип Владислав Віталійович
УЗАГАЛЬНЕННЯ УМОВ ВИКОНАННЯ СИНТЕЗУ БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
З ЗАДАНОЮ ЯКІСТЮ 67

Царегородцев Дмитрій Александрович
ВЕРТИКАЛЬНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 71

ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ ТА СПОРТ

Гресь Марина Ярославівна, Мороз Дмитро Михайлович, Шевчук Максим Дмитрович
ФІЗИЧНА ПІДГОТОВЛЕНІСТЬ ШКОЛЯРІВ З ВЕСЛУВАННЯ НА ЧОВНАХ «ДРАКОН»
У ЖИТОМИРІ 74

УДК 001.82:721

Захаров Юрій Олександрович

магістрант кафедри архітектурно-проектної справи

ВСП «Інститут інноваційної освіти

Київського національного університету будівництва і архітектури»

Захаров Юрий Александрович

магістрант кафедри архітектурно-проектного дела

ОСП «Інститут інноваційного образования

Киевского национального университета строительства и архитектуры»

Zakharov Yuriy

Master of the Department of Architectural and Design Deal

SSU «Institute of Innovative Education of

Kyiv National University of Construction and Architecture»

Авдєєва Наталія Юріївна

кандидат архітектури, доцент,

завідувач кафедри архітектурно-проектної справи

ВСП «Інститут інноваційної освіти

Київського національного університету будівництва і архітектури»

Авдеева Наталья Юрьевна

кандидат архитектуры, доцент,

заведующий кафедрой архитектурно-проектного дела

ОСП «Інститут інноваційного образования

Киевского национального университета строительства и архитектуры»

Avdieieva Nataliia

PhD in Architecture, Associate Professor,

Head of the Department of Architectural and Design Deal

SSU «Institute of Innovative Education of

Kyiv National University of Construction and Architecture»

ПРОБЛЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ» У АРХІТЕКТУРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ» В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

PROBLEMS OF CLASSIFICATION AND USE OF «GREEN STRUCTURES» IN ARCHITECTURAL DESIGN

Анотація. Аналізується сучасний стан використання та класифікації «зелених конструкцій» під час архітектурного проектування та будівництва різних типів будівель і споруд. Розроблено і теоретично обґрунтовано класифікацію «зелених конструкцій» для застосування при архітектурному проектуванні. Зазначено необхідність подальшого вдосконалення нормативної документації та більш глибокого вивчення зазначених конструкцій з метою поширення їхнього використання під час проектування та будівництва.

Ключові слова: зелені конструкції, озеленення будівель, вертикальне озеленення, горизонтальне озеленення, зелений дах, зелена стіна, зелений фасад.

Аннотация. *Анализируется современное состояние использования и классификации «зеленых конструкций» во время архитектурного проектирования и строительства различных типов зданий и сооружений. Разработана и теоретически обоснована классификация «зеленых конструкций» для применения при архитектурном проектировании. Отмечено необходимость дальнейшего совершенствования нормативной документации и более глубокого изучения указанных конструкций с целью распространения их использования при проектировании и строительстве.*

Ключевые слова: *зеленые конструкции, озеленение зданий, вертикальное озеленение, горизонтальное озеленение, зеленая крыша, зеленая стена, зеленый фасад.*

Summary. *The current state of the use and classification of «green structures» during the architectural design and construction of various types of buildings and structures is analyzed. The classification of «green structures» for use in architectural design has been developed and theoretically substantiated. The need for further improvement of regulatory documentation and a deeper study of these structures in order to expand their use in design and construction is noted.*

Key words: *green structures, landscaping of buildings, vertical landscaping, horizontal landscaping, green roof, green wall, green facade.*

З огляду на те, що «зелені конструкції» вже давно вийшли за межі естетичного елементу дизайну навколишнього середовища та є одним з механізмів підвищення екологічної безпеки будівель, їх широке застосування під час архітектурного проектування та будівництва сучасних будівель та споруд виконує ряд екологічних, економічних та соціальних функцій у сучасних містах. Однак, як зазначає Ткаченко Т. М. у своїй статті [1, с. 22], нині відсутня чітка класифікація «зелених конструкцій», що вносить дисбаланс в систему їх сприйняття, опису, розуміння процесів і явищ, що відбуваються в цих конструкціях. Тому вдосконалення цієї класифікації є важливим напрямом дослідження.

Вдосконалення класифікації «зелених конструкцій» має наукове і практичне значення. По-перше, уточнення термінології та удосконалення класифікації дає змогу визначити місце «зелених конструкцій» у системі «зеленого будівництва» як біотехнічного механізму підвищення екологічної безпеки будівель. По-друге, практичне значення цієї класифікації полягає в цілісності розуміння терміна «зелені конструкції» для визначення методів їх вивчення, розробки та впровадження для практичного використання під час проектування та будівництва.

Актуальність теми дослідження визначається такими положеннями:

- інтенсивне використання озеленення при зведенні сучасних будівель і споруд з метою підвищення кількості площ, що підлягають озелененню, вирішення екологічних, енергетичних та соціальних проблем при забудові нових та ревіталізації наявних територій міста;
- велика кількість наукових публікацій та досліджень на тему використання «зелених конструкцій» в сучасному будівництві при відсутності чіткої класифікації типів «зелених конструкцій» та недостатньої кількості наукових досліджень на вказану тему;
- необхідність впровадження технічних та технологічних вимог та рекомендацій з улаштування «зелених конструкцій» в нормативну документацію.

У теперішній час при дослідженні питання класифікації «зелених конструкцій» з метою їх досконального вивчення та широкого використання виникає величезна проблема недостатності теоретичних досліджень з вказаної теми.

Так Ткаченко Т. М. та Ткаченко О. А. у статті «Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах» [2, с. 23–24] зазначає, що на сьогодні відсутні нормативні документи впровадження «зелених конструкцій» у «зелене будівництво» України, що призводить до грубого порушення технології, техніки безпеки, зниження термінів експлуатації об'єктів.

Аналізуючи ДБН В.2.6–220:2017 «Покриття будівель і споруд» [3, с. 22], можна відмітити його недосконалість та практичну відсутність структурованої класифікації перекриттів та покрівель для їх практичного використання при проектуванні. Наведені типи «зеленої» покрівлі не визначають чіткої класифікації, а носять умовне розділення за ступенем використання рослинного озеленення. Вимоги з проектування складаються лише з трьох пунктів і майже не містять практичних пояснень для застосування при проектуванні, а носять узагальнюючий характер.

Ткаченко Т. М. в своїй статті [2, с. 4–11] наводить типи існуючих «зелених конструкцій», надає їх опис та характеристики, однак ніяк їх не класифікує та не структурує.

У своїй наступній статті Ткаченко Т. М. [1, с. 22–23] наводить схему класифікації «зелених конструкцій» з обґрунтуванням принципів класифікації та уточненням основних визначень, таких як «зелені конструкції», «фітостіна», «вертикальне озеленення», «фітотомодуль». Однак автор розглядає цю класифікацію з позиції екологізація сучасних міст та бачить її використання під час викладання дисциплін «Загальна екологія» та «Енергоефективне зелене будівництво. Традиційні та альтернативні джерела енергії», що не дає змоги використовувати наведену класифікацію в якості стандартизованої системи під час проектування.

Різні автори досить часто у своїх роботах піднімають питання класифікації «зелених конструкцій», тому що неможливо навести та проаналізувати характеристики та вимоги до цих видів конструкцій, не виділивши їх основні типи та принципи, за якими ці типи формуються.

Так Старцев С. О., Далинчук В. С. та Власенко Д. О. у своїй роботі [4, с. 13] виділяють три види «зеленої» покрівлі: *покрівля з екстенсивним озелененням, покрівля з напівінтенсивним озелененням, покрівля з інтенсивним озелененням*. На думку багатьох дослідників покрівля з напівінтенсивним озелененням не потребує виділення у окремий вид, тому що є «легким» типом покрівлі з інтенсивним озелененням.

На підтримку цього факту у статті І. В. Жданової, Г. А. Кузнецової, Є. Д. Дорофєєвої [5, с. 54] наведено опис двох типів «зеленої» покрівлі: *екстенсивної та інтенсивної*, з наведенням притаманних для них рис. Також автори наводять визначення та опис вертикального озеленення на прикладі міжнародного досвіду використання.

У статті Границі Ю. В. та Новгородської Н. О. [6, с. 24–26] також робиться спроба створити класифікацію зелених покрівель за різними характеристиками.

О. А. Король та Н. С. Шушунова у своїй роботі [7, с. 252], присвяченій дослідженню організаційно-технологічних рішень улаштування «зеленої» покрівлі, вказує на два типи стосовно технологічного рішення з улаштування: *суцільне покриття та збірно-розбірне покриття*.

У статті Мубаракшиної Ф. Д. [8, с. 29–31] наведено розділення на функціонально-технологічні групи основних засобів створення зон екологічного комфорту: *зелені фасади, озеленені дахи, озеленені інтер'єри, криті ботанічні сади і оранжерей, улаштування екологічних парковок, мобільне озеленення, тимчасові інсталяції*. Необхідно зауважити, що в указаній статті автор не робить ніякого розділення між зеленими фасадами та живими стінами, вважаючи це тотожними поняттями. Це твердження є некоректним, що доводиться у статті Ткаченко Т. М. [1, с. 23] та у статті Мхітаряна К. О. та Кожевнікової А. Ю. [9, с. 42–44]. Автор наводять обґрунтування розділенню «зелених стін-вертикальних садів» на дві категорії: *зелені фасади та живі стіни*.

У статті Мхітаряна К. О. «Типологія форм вертикального озеленення в міському середовищі» [10, с. 66–69] наведено організовану класифікацію «вертикального озеленення», яка складається з різних типологічних груп, сформованих за принципом функціонально-технологічних властивостей.

Узагальнений підхід до класифікації «зелених конструкцій», який враховує принципи композиції та влаштування конструкцій, запропонований у роботі Туркіної О. О., Чистяков Д. О., Калугін О. М. [11, с. 226–229].

Проводячи дослідження теоретичних робіт на тему класифікації «зелених конструкцій», необхідно відмітити статті «Конструктивні проблеми «зеленої» архітектури» Дорожкіної К. О. [12, с. 5–7] та «Технологія вертикального озеленення» Новіка А. М., Хуснутдинові О. И., Олександрової О. П. [13, с. 21–24]. У першій роботі автор наводить базове розділення «зелених конструкцій» за функціонально-конструктивними ознаками: *горизонтальне озеленення будівель, вертикальне озеленення будівель, контейнерне озеленення будівель* та наводить основні характерні особливості зазначених типів. У другій роботі наведено види вертикального озеленення за прийомами та принципами підбору: *суцільне озеленення, часткове озеленення; функціональний принцип, екологічний принцип, декоративний принцип*. Надано класифікацію типів вертикального озеленення, виходячи з технології улаштування основних систем озеленення: *повстані (гідропонні) системи; модульні системи (з використанням субстрату); контейнерні системи (висадка в горщики)*.

У статті Шувалова М. М. та Саада М. М. [14, с. 105–107] наводиться описання та номенклатура типів мобільного озеленення в залежності від функціональної зони міста: *мобільні системи в житлових районах міста, мобільні системи в громадських місцях міста, мобільні системи в промислових зонах*.

На підставі наведеного матеріалу пропонується навести основні визначення «зелених конструкцій» для однозначного їх розуміння та використання у проектуванні, а також при розробці нормативної документації. Після наведення визначень основних термінів розроблено та надано опис узагальненої класифікації озеленення будівель і споруд, яка охоплює композиційні, конструктивні, технологічні та функціональні особливості використання зазначених елементів.

Слід зауважити, що в багатьох статтях не коректно використовувався термін «покрівля». Це визначення часто вживалося в значенні «дах» або «покриття», що не відповідає дійсності. З метою уникнення плутанини далі наводяться визначення усіх необхідних термінів.

Зелені конструкції — біотехнічні системи, в яких архітектурно-будівельні елементи поєднані з живими рослинами.

Екопарковка (екологічний паркувальний майданчик) — територія для паркування транспортних засобів, засіяна газонною травою і укріплена газонною решіткою, яка запобігає пошкодженню кореневої системи рослин автомобільними шинами.

Зелені схили — архітектурно-планувальні елементи ландшафту, які формуються складним рельєфом та потребують зміцнення.

Горизонтальне озеленення — створення озеленення з використанням живих рослин на поверхні покриття (даху) будівлі і прибудованих до нього

підземних і надземних споруд, а також інших горизонтальних елементів (teras, балконів та інше).

Вертикальне озеленення — створення озеленення з використанням живих рослин на вертикальних поверхнях будівель та інших конструкцій за допомогою різноманітних підтримуючих пристосувань або без них.

Кінетичне (мобільне) озеленення — система модульних елементів, заповнених різними видами вуличного обладнання, малих архітектурних форм і озеленення, яка трансформуються в часі і просторі за рахунок гідравлічного або електричного механізму з комп’ютерним керуванням.

Покриття (дах) — верхня огорожувальна конструкція будинку і споруди для захисту приміщень від зовнішніх кліматичних факторів і впливів.

Покрівля — верхній елемент покриття (даху), який захищає будинок від проникнення в нього атмосферних опадів.

Зелена стіна — вертикальний елемент огорожувальної конструкції будівлі або окремо розташований, на поверхні якого створено озеленення з використанням живих рослин.

Зелений фасад — тип зеленої стіни, в якому рослини висаджуються безпосередньо в ґрунт, а їх стебла ростуть вздовж вертикальної поверхні за допомогою спеціальних конструкцій або без них.

Фітостіна (біо-стіна, жива стіна) — тип зеленої стіни, в якому рослини висаджуються в спеціальні технічні пристосування з забезпеченням їх гідропонним розчином.

Загальна класифікація «Озеленення будівель і споруд». В основу класифікації «Озеленення будівель і споруд» покладено принцип розділення

елементів та конструкцій на типи та види за конструктивними, технологічними, функціональними, часовими (сезонними) та композиційними ознаками, які визначають взаємозв’язок між цими елементами. Такий підхід дозволяє сформулювати практичну систему, яку доцільно використовувати для опису існуючих та виникаючих елементів та під час проектної роботи та будівельно-монтажних робіт.

«Озеленення будівель і споруд» поділяється за архітектурно-планувальним принципом на «**Зелені конструкції будівель і споруд**», «**Екопарковки**» та «**Зелені схили**» (рис. 1).

«Зелені конструкції будівель і споруд» за призначенням можуть використовуватися для **цивільних будівель, промислових будівель та інженерно-технічних споруд**. За принципом розташування «Зелені конструкції будівель і споруд» поділяються на **зовнішні**, які сприймають усі атмосферні впливи та впливи оточуючого середовища, та **внутрішні**, які сприймають впливи від оточуючого середовища. За засобами використання «Зелені конструкції будівель і споруд» поділяються на «**Вертикальне озеленення**», «**Горизонтальне озеленення**» та «**Кінетичне (мобільне) озеленення**» (рис. 1).

«**Вертикальне озеленення**». Вертикальне озеленення в залежності від поверхні, що підлягає озелененню, поділяється на: **озеленення вертикальних поверхонь; озеленення поверхонь негативного ухилу; озеленення поверхонь позитивного ухилу**.

Вертикальне озеленення за видом конструкції представлено «Зеленими стінами». Зелені стіни за засобами озеленення поділяються на: 1) **Суцільне озеленення** — озеленення виконується по всій площі будь-якої стіни; 2) **Часткове озеленення** — озеле-



Рис. 1. Схема загальної класифікації «Озеленення будівель та споруд»

Джерело: розробка Захарова Юрія

нення виконується на частини площі стіни з метою надання більшої виразності (рис. 2).

«Зелені стіни» *за принципами підбору композиційних поєднань* поділяються на: 1) **Функціональний принцип** — принцип підбору, при якому вертикальне озеленення необхідно в силу різних факторів. Воно може слугувати для збагачення середовища киснем, теплорегулювання, захисту від шумних вулиць і пилу або створення тіні. Для того, щоб рослини виконували ці призначення, слід брати до уваги їх природні характеристики: густоту, висоту, щільність листя; 2) **Екологічний принцип** — принцип підбору, при якому головним фактором є погодні умови, кращі для кожного виду рослин: температура, склад і родючість ґрунту, а також орієнтація будівлі за сторонами світу; 3) **Декоративний принцип** — принцип підбору, при якому вертикальне озеленення повинно приховати недоліки даної будівлі або, навпаки, підкреслити осо-

бливість того чи іншого фасаду. При цьому підборі дуже важлива текстура листя рослин, їх щільність і тривалість періоду цвітіння (рис. 2).

«Зеленими стіни» *за способом розташування* поділяються на: 1) **Самостійні (окремо розташовані) конструкції** — системи зелених стін пропонують привабливі альтернативи у використанні конструкцій з бетону, металу або дерева, а також є важливим аспектом у використанні гнучких, живих матеріалів для функціональних цілей; 2) **Складова частина будівлі** — стіна входить до загальної конструкції будівлі чи споруди.

В свою чергу «Самостійні (окремо розташовані) конструкції» складаються з наступних структурних типів: 1) **Блок (округлий, прямокутний)**: дрібнозбірні елементи зібрані з зазорами, де рослини з коренем ростуть через стіну; 2) **Квадратна стіна**: в цій системі елементи як плитки бетону або колоди складені в стилі зрубу; 3) **Рама**: покриття з'єднують

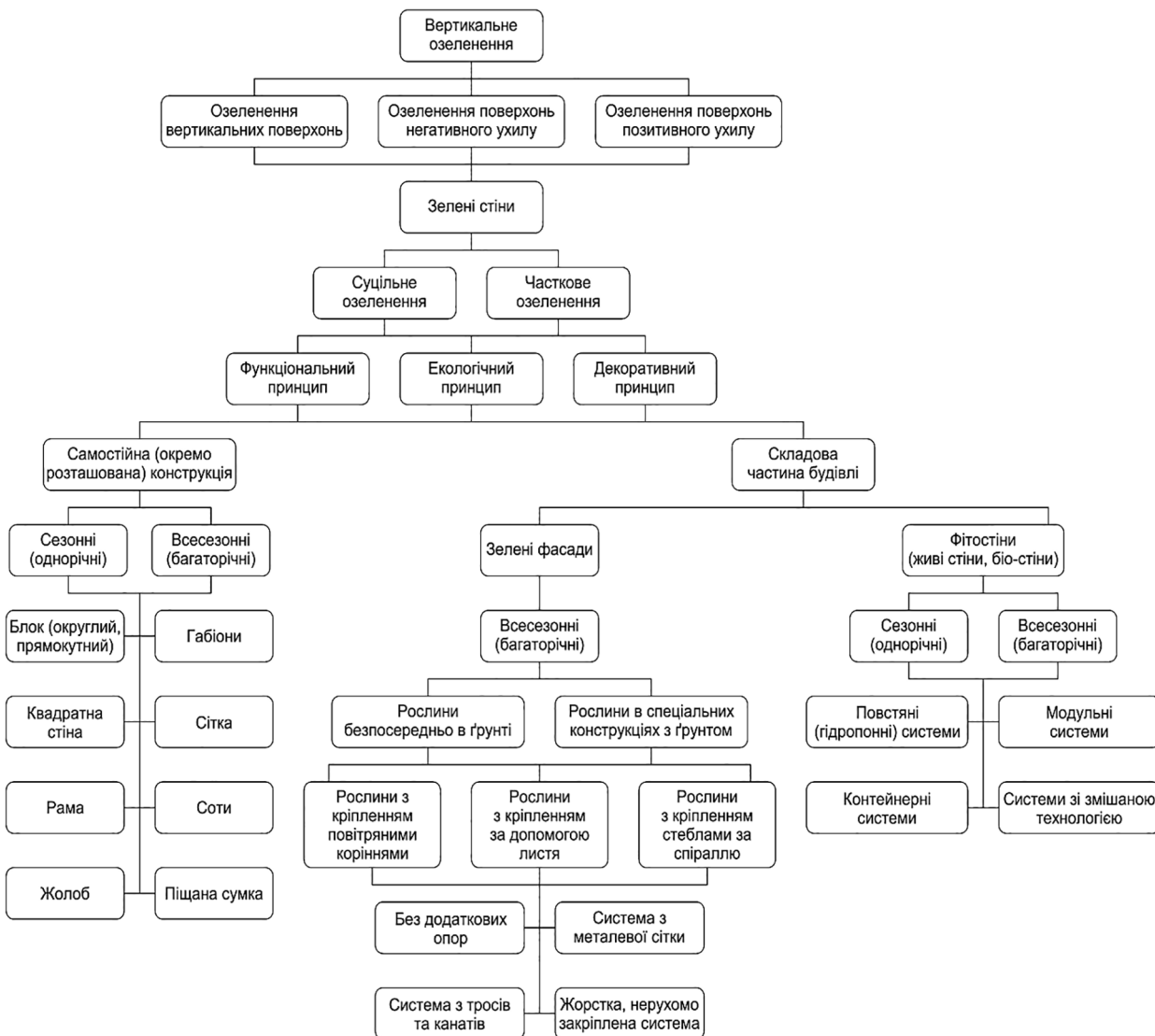


Рис. 2. Схема класифікації «Вертикального озеленення»

Джерело: розробка Захарова Юрія

флору складені, як кам'яна кладка; 4) **Жолоб**: в цій системі використовуються ємності заповнені ґрунтами; 5) **Габіони**: використовуються дротові кошики, наповнені каменями, щоб забезпечити посилення конструкції; 6) **Сітка**: як міні-габіони; 7) **Соти**: використовуються гнучкі і міцні блоки у вигляді бджолиних сот, які заповнені ґрунтом; 8) **Піщана сумка**: зроблена з геотекстилю, яка обгорнута навколо ґрунту (рис. 2).

За життєвим циклом «Самостійні (окремо розташовані) конструкції» можуть бути *сезонні (однорічні)* та *всесезонні (багаторічні)*.

«Складова частина будівлі» складається з двох типів, що відрізняються за принципом висадки рослин: *зелені фасади та фіто-стіни (біо-стіни, живі стіни)*. Зелені фасади можуть бути: 1) *з рослинами, які вирощуються безпосередньо в ґрунті*; 2) *з рослинами, які вирощуються в спеціальних конструкціях з ґрунтом (контейнери, горщики)* (рис. 2.).

Для «зелених фасадів» використовуються рослини, які поділяються за способами прикріплення до опору на три групи: 1) *рослини, що прикріплюються до опору за допомогою повітряних коренів*; 2) *рослини, що чіпляються за опору черешками листя або самим листям*; 3) *рослини, що охоплюють опору стеблами та піднімаються вгору за спіраллю*.

Рослини першої групи не потребують додаткових сіток і трельяжів, вони самі підіймаються шорсткими кам'яними стінами. Ці рослини рекомендується використовувати при озелененні кам'яних нештукатурених торців стін. Стіна покривається рівною однорідною масою рослин. У даному випадку рослини можуть стати місцем проживання комах.

Рослини другої групи застосовують для озеленення гладких стін. На таких стінах монтується спеціальний опорний каркас — сітку із прутів і дроту, підвішену на вбитих залізних гаках. Осередок сітки має розмір 5–10 мм. Між сіткою і стіною залишають простір не менше 100 мм. Біля стін дерев'яних будинків ліани застосовувати не рекомендується.

У деяких видів рослин третьої групи зростання стебла спрямовано за годинниковою стрілкою, у інших — проти годинникової стрілки. Опори для даних видів ліан улаштовують у вигляді вертикальних стовпчиків завтовшки не більше 50–80 мм. При товщині опори понад діаметр можливого обертання верхівки стебла, ліана не охоплює опору, а ковзає та падає вниз. Тому в трельяжах та інших пристроях для ліан улаштовують вертикальні стрижні або стовпчики з брусів невеликого діаметра (рис. 2).

В залежності від групи рослин розрізняють різні типи опорних конструкцій для улаштування «Зелених фасадів»: *без додаткових опор; система з металевої сітки; система з тросів і канатів; жорстка, нерухомо закріплена система*.

За життєвим циклом «Зелені фасади» можуть бути тільки *всесезонними (багаторічними)*.

«Фіто-стіни» за принципом технологічної будови розділяються на наступні типи: *повстяні (гідропонні) системи; модульні системи* (з використанням субстрату); *контейнерні системи* (висадка в горщики); *системи зі змішаною технологією* (повстяні кишені наповнюють субстратом). За життєвим циклом «Фіто-стіни» поділяються на *сезонні (однорічні)* та *всесезонні (багаторічні)* (рис. 2).

«Горизонтальне озеленення». «Горизонтальне озеленення» в залежності від функціонального призначення елемента, що підлягає озелененню, поділяється на: 1) *Зелені покриття (дахи)* — плоске або скатне суміщене покриття з верхнім рослинним шаром; 2) *Зелені тераси та балкони* (рис. 3).

За видом ухилу поверхні «Зелені покриття (дахи)» розділяються на: 1) *Плоскі* — значення ухилу не перевищує 5°; 2) *Скатні* — поділяються на *пологі*, для яких значення ухилу лежить в межах 5°–15°, та *круті*, для яких значення ухилу складає більше 15°.

За типом улаштування озеленення «Зелені покриття (дахи)» та «Зелені тераси та балкони» поділяються на наступні типи: 1) *Інтенсивний тип озеленення* — створення багатофункціональної покрівлі з озелененням, рослинний шар якої представлений насадженнями різних сортів квітів і газонів, різних видів дерев, чагарників на спеціально влаштованому шару субстрату, а також влаштуванням рекреаційних зон з використанням доріжок, архітектурних об'єктів, фонтанів та басейнів, майданчиків для відпочинку, спорту та інших цілей. Покрівля потребує ретельного догляду і постійного поливу. Висота системи озеленення в даному випадку становить від 15 до 70 см, а при використанні дерев товщина шару субстрату може досягати 1 м, вага — від 150 до 200 кг/м² та від 200 до 500 кг/м²; 2) *Екстенсивний тип озеленення* — створення зеленої покрівлі, рослинний шар якої представлений насадженнями засухоустійких седумів і злакових рослин на спеціально влаштованому шару субстрату. Товщина системи озеленення становить від 5 до 20 см, її вага — від 50 до 150 кг/м²; 3) *Модульне озеленення* — створення зеленої покрівлі, рослинний шар якої виконується за допомогою спеціальних збірно-розбірних елементів (модулів), які заповнюються субстратом для подальшої висадки рослин.

«Зелені покриття (дахи)» за характером експлуатації поділяються на: 1) *Покриття, що експлуатуються* — покриття, на яких передбачається постійна наявність пішохідного чи транспортного руху для виконання різних функцій; 2) *Покриття, що не експлуатуються* — покриття, на яких не передбачається постійна наявність пішохідного чи транспортного руху, але дозволяється тимчасове перебування людей з метою проведення обслуговування конструкцій покриття.

За типом конструктивного улаштування «Зелені покриття (дахи)» поділяються на: 1) *Роздільне*

покриття — покриття, в якому чітко розділені функції верхньої покрівлі і несучої частини даху;
 2) **Суміщене покриття** — плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину, паро-, тепло-, гідроізоляційні шари і захисні шари, які укладаються один по одному безпосередньо.

В свою чергу «Суміщене покриття» *за характером теплового режиму експлуатації* поділяється на:
 1) **Тепле покриття** — плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину, пароізоляційні, гідроізоляційні та теплоізоляційні шари над приміщеннями, що опалюються;
 2) **Холодне покриття** — плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину та гідроізоляційні шари над приміщеннями, що не опалюються.

«Суміщене тепле покриття» *за конструктивним способом улаштування* поділяється на:
 1) **Традиційне покриття** — плоске або скатне суміщене покриття з пароізоляцією під шаром теплоізоляції та шаром гідроізоляції над нею;
 2) **Інверсійне покриття** — плоске або скатне суміщене покриття з гідроізоляцією під шаром теплоізоляції.

«Суміщене тепле традиційне покриття» *за тепло-вологісним режимом роботи* поділяється на:

1) **Вентильоване покриття** — плоске або скатне суміщене покриття з вентиляційною системою;
 2) **Невентильоване покриття** — відповідно таке, що не має вентиляційної системи в своєму складі.

Для усіх типів «Зелених покриттів (дахів)» можуть використовуватися наступні системи водовідведення:
 1) **Внутрішнє водовідведення** — атмосферна вода відводиться за допомогою спеціальних пристроїв (воронок, лотків) через систему внутрішніх трубопроводів у систему дощової каналізації або систему накопичення;
 2) **Зовнішнє водовідведення** — атмосферна вода відводиться безпосередньо з поверхні покриття або через систему зовнішніх трубопроводів у систему дощової каналізації або систему накопичення.

«Зелені покриття (дахів)» *за засобами озеленення* поділяються на:
 1) **Суцільне озеленення** — озеленення виконується по всій площі покриття;
 2) **Часткове озеленення** — озеленення виконується на частини площі покриття.

За життєвим циклом «Зелені покриття (дахів)» можуть бути тільки **всесезонні (багаторічні)**. Використання сезонних (однорічних) рослин недоцільно при улаштуванні «Зеленого покриття (даху)».

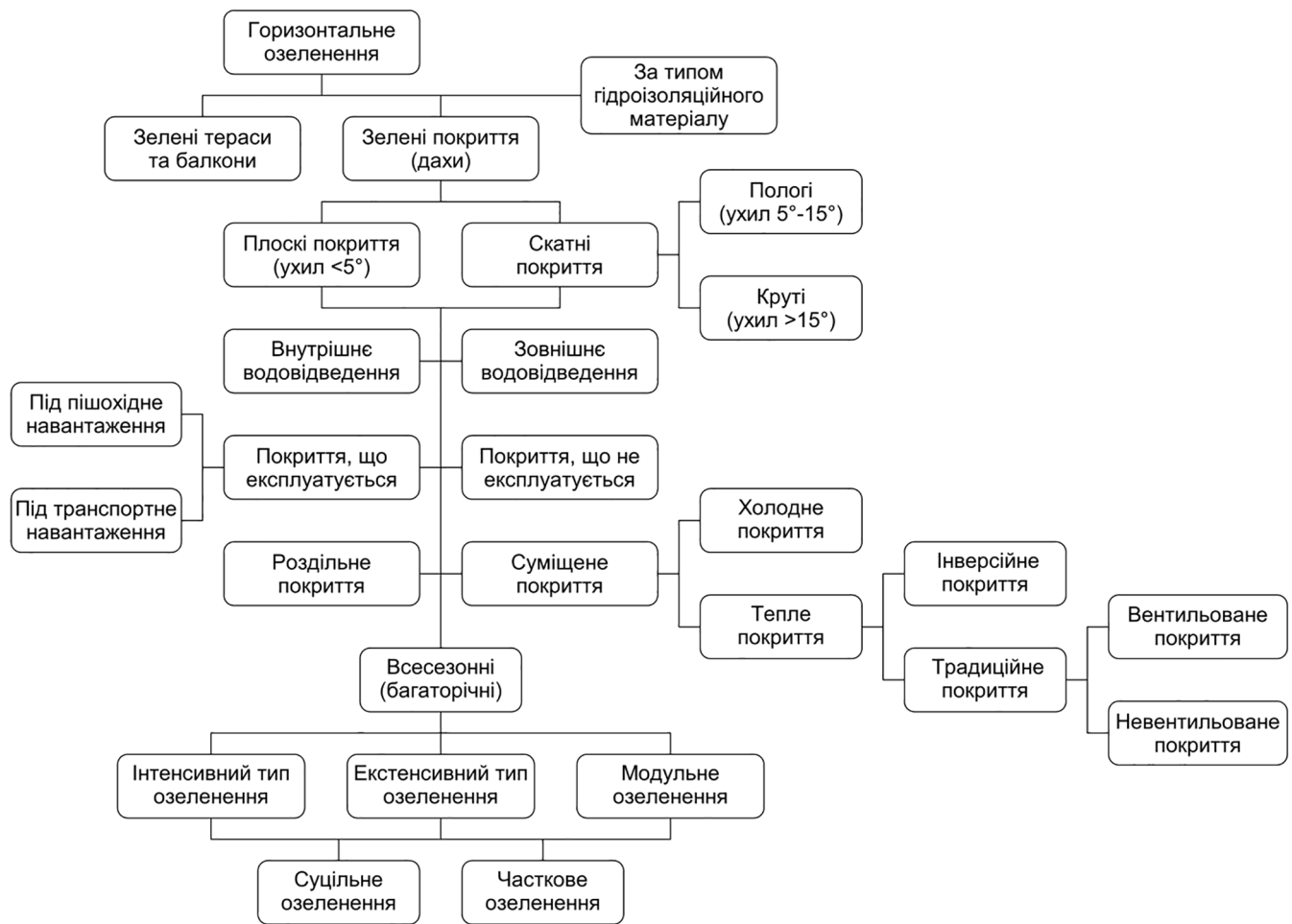


Рис. 3. Схема класифікації «Горизонтального озеленення»
 Джерело: розробка Захарова Юрія

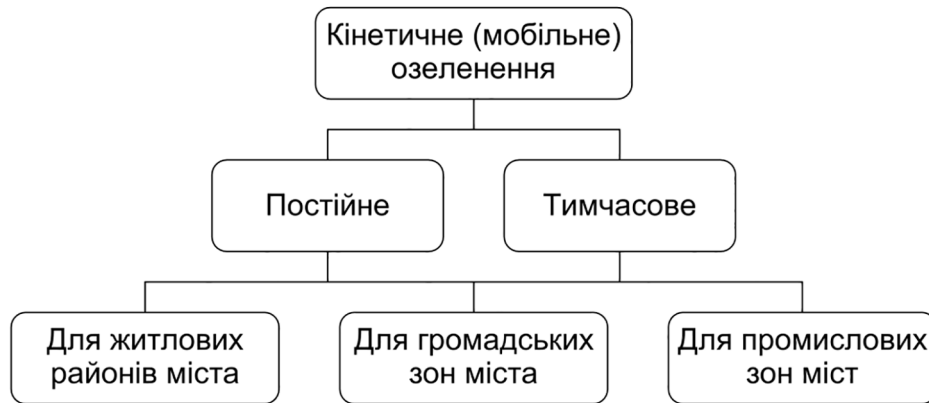


Рис. 4. Схема класифікації «Кінетичного (мобільного) озеленення»

Джерело: розробка Захарова Юрія

«Зелені покриття (дахи)» та «Зелені тераси та балкони» також можна класифікувати *за типом використання гідроізоляційних матеріалів*. Основні типи гідроізоляційних матеріалів необхідно приймати за ДБН В.2.6–220:2017.

Конструктивні та технологічні рішення для «Зелених покриттів (дахів)», що наведені вище використовуються при проектуванні та улаштуванні «Зелених терас та балконів».

«Кінетичне (мобільне) озеленення». Це конструкції нового покоління, які створені на основі динамічних механізмів та керуються за допомогою програмного забезпечення, які дозволяють створити новий тип озеленення в дизайні міського середовища. Завдяки цим конструкціям створюються нові рекреаційні простори за допомогою новітніх передових технологій. Ці конструктивні елементи можуть спеціально вводитися, переміщатися або повністю усуватися з міського середовища. Завдяки легкості установки і перенесення в умовах щільної забудови в центрі міста такі системи озеленення є незамінними і дозволяють міському середовищу регулярно змінюватися, бути більш різноманітним. Благоустрій території за допомогою мобільних систем озеленення дозволяє на невеликих ділянках простору міста розміщувати потрібну кількість насаджень, використовуючи поверхні і території, раніше не задіяні для зелених просторів.

Головні особливості мобільних систем озеленення в місті:

- можливість впровадження в будь-яке середовище міста, незалежно від щільності забудови;
- відповідність потребам людини в нестачі природи, здійснення санітарно-захисних функцій від техногенних впливів міста;
- швидке зведення, конструктивна простота за рахунок легкого монтажу, демонтажу, модульності елементів.

За часом використання «Кінетичне (мобільне) озеленення» може бути *постійним* або *тимчасовим*.

В залежності від функціональної зони міста «Кінетичне (мобільне) озеленення» може бути: 1) *Мобільні системи в житлових районах міста*. Використовуються як заходи з благоустрою території району та забезпечення норм озеленення у випадку, якщо звичайне довгострокове озеленення неможливо або ускладнено. 2) *Мобільні системи в громадських місцях міста* (вокзали, аеропорти, торгові центри). Використовується з метою створення естетичного та емоційного комфорту відвідувачів. 3) *Мобільні системи в промислових зонах*. Використовується з метою забезпечення санітарних та екологічних норм у випадку, якщо звичайне довгострокове озеленення неможливо або ускладнено (рис. 4).

Висновки. На підставі викладеного матеріалу можна зробити наступні висновки:

1. Зазначено актуальність створення класифікації «Озеленення будівель і споруд» та необхідність її практичного застосування під час архітектурного проектування будівель і споруд.

2. Виконано аналіз теоретичних робіт з класифікації «Озеленення будівель і споруд» з виявленням загальних закономірностей для створення класифікації.

3. Розроблено загальну класифікацію «Озеленення будівель і споруд» будівель і споруд, яка враховує композиційні, конструктивні, технологічні та функціональні особливості використання «зелених конструкцій».

Розроблена класифікація «Озеленення будівель і споруд» може бути основою для подальшої роботи з удосконалення нормативної документації та більш глибокого вивчення «зелених конструкцій» з метою поширення їхнього використання під час архітектурного проектування та будівництва.

Література

1. Ткаченко Т. М. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» в екологізації сучасних міст // Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ, 2018. № 1(20). Т. 2. С. 21–24.
2. Ткаченко Т. М., Ткаченко О. А. Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах // Збірник наукових праць Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Краматорськ, 2019. № 1. С. 3–30.
3. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. [На заміну ДБН В.2.6-97; чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 46 с. (Інформація та документація).
4. Далинчук В. С., Власенко Д. А., Старцев С. А. Проектирование зеленых кровель // Международный научный журнал «Инновационное развитие». Пермь, 2017. № 4(7). С. 12–18.
5. Жданова И. В., Кузнецова А. А., Дорофеева Е. Д. Экологические и эстетические аспекты применения вертикального озеленения и зелёных крыш в жилых зданиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. Самара, 2019. № 64. С. 53–59.
6. Новгородская Н. О., Граница Ю. В. Эксплуатируемая кровля: тенденции и концепция в озеленении // Сельское хозяйство. Москва, 2019. № 4. С. 23–31.
7. Король Е. А., Шушунова Н. С. Организационно-технологическое моделирование процес сов устройства кровельных покрытий с модульной системой озеленения // Вестник МГСУ. Москва, 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 250–261.
8. Мубаракшина Ф. Д. К проблеме создания зон экологического комфорта в условиях уплотненной застройки мегаполисов // Известия КГАСУ. Казань, 2013. № 3 (25). С. 28–33.
9. Мхитарян К. О., Кожевникова А. Ю. «Зеленые стены» в дизайне городской среды — (зарубежный опыт). Известия КГАСУ. Казань, 2016. № 3 (37). С. 41–48.
10. Мхитарян К. О. Типология форм вертикального озеленения в городской бреде // Известия КГАСУ. Казань, 2017. № 1 (39). С. 65–72.
11. Туркина Е. А., Чистяков Д. А., Калугин А. Н. Тенденции развития горизонтального и вертикального озеленения зданий // Инновации и инвестиции. Москва, 2018. № 1. С. 226–231.
12. Дорожкина Е. А. Конструктивные проблемы «зеленой» архитектуры. Урбанистика. Москва, 2017. № 4. С. 1–11.
13. Хуснутдинова А. И., Александрова О. П., Новик А. Н. Технология вертикального озеленения // Строительство уникальных зданий и сооружений. Санкт-Петербург, 2016. № 12(51). С. 20–32.
14. Шувалов В. М., Саад М. М. Мобильное озеленение зданий // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. Москва, 2016. № 2. С. 103–115.

Крайнюков Олексій Миколайович

*доктор географічних наук, професор,
професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

Крайнюков Алексей Николаевич

*доктор географических наук, профессор,
профессор кафедры экологической безопасности и экологического образования
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина*

Krainiukov Oleksii

*Doctor of Geographical Sciences, Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University*

Кривицька Іветта Анатоліївна

*кандидат біологічних наук,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*

Кривицкая Иветта Анатольевна

*кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологической безопасности и экологического образования
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина*

Kryvytska Ivetta

*Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
V.N. Karazin Kharkiv National University*

Філатов Віктор Миколайович

*студент
Навчально-наукового інституту екології
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*

Филатов Виктор Николаевич

*студент
Учебно-научного института экологии
Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина*

Filatov Viktor

*Student of the
Research Institute of Environmental Sciences of the
V.N. Karazin Kharkiv National University*

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ
(НА ПРИКЛАДІ С. ЛИПЦІ ХАРКІВСЬКОГО РАЙОНУ
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

**ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ
(НА ПРИМЕРЕ С. ЛИПЦЫ ХАРЬКОВСКОГО РАЙОНА
ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**STUDY OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOILS
(FOR EXAMPLE OF THE VILLAGE OF LIPTSI,
KHARKIV DISTRICT, KHARKIV REGION)**

Анотація. Наведено результати визначення вмісту важких металів у ґрунтах тестової ділянки, яка знаходилась у с. Липці. В результаті проведених досліджень встановлено, що перевищень ГДК досліджуваних важких металів не спостерігається. Фонові концентрації вмісту важких металів у зразках ґрунту перевищені по залізу та кадмію в обох сезонних відборах.

Ключові слова: важкі метали, ґрунти, забруднення, ГДК.

Аннотация. Приведены результаты определения содержания тяжелых металлов в почвах тестового участка, который находился в с. Липцы. В результате проведенных исследований установлено, что превышений ПДК исследуемых тяжелых металлов не наблюдается. Фоновые концентрации содержания тяжелых металлов в образцах почвы превышены по железу и кадмию в обоих сезонных отборах.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвы, загрязнение, ПДК.

Summary. The results of determining the content of heavy metals in the soils of the test site, which was located in the village of Sticky. As a result of the conducted researches it is established that exceedances of maximum concentration limits of the investigated heavy metals are not observed. Background concentrations of heavy metals in soil samples are exceeded for iron and cadmium in both seasonal selections.

Key words: heavy metals, soils, pollution, MPC.

Актуальність проблеми. У колі сучасних екологічних проблем першочергового значення набуває нормування токсичних хімічних елементів, в тому числі важких металів, у продукції рослинного походження. За умов прогресуючого розвитку промисловості, збільшення щільності руху автотранспорту в країні виникла проблема погіршення екологічної якості продуктів харчування рослинного походження. Особливо небезпечними факторами погіршення якості продукції є накопичення у ній важких металів та інших токсичних хімічних елементів, що є надзвичайно небезпечним, адже рослинна продукція, навіть слабо забруднена токсичними хімічними елементами здатна викликати кумулятивний ефект.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунт для важких металів є ємним акцептором [1]. Потрапивши в ґрунт, метали міцно зв'язуються з гумусними речовинами, утворюючи важкорозчинні сполуки, що входять до складу глинистих мінералів, а також мігрують в складі ґрунтового розчину за профілем [2]. Рівень накопичення важких металів в ґрунті залежить від її типу і чинників ґрунтоутворення [3–5].

Знаходження важких металів в ґрунті залежить від їх здатності до утворення комплексних сполук гідроксидів і важкорозчинних солей [6]. При надходженні в ґрунт від джерел забруднення важкі метали взаємодіють з твердою фазою і різними компонентами ґрунтового розчину, в зв'язку з чим відбувається зв'язування важких металів. Існують наступні механізми зв'язування: іонний обмін, ізоморфні заміщення, сорбція і осадова сорбція [7]. Закріплення важких металів відбувається в результаті процесів адсорбції твердою фазою ґрунтів, утворення важкорозчинних сполук металів, фіксація оксидами Fe, Mn, S, Al, поглинання ґрунтовою біотою [8]. Рівень накопичення металів в ґрунтах залежить від хімічного складу ґрунтоутворюючих порід, концентрації металів і вмісту гумусу, відновлювальної та поглинання ємності ґрунтів [9].

Мета роботи — визначення особливостей накопичення окремих хімічних елементів у ґрунтах.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження ґрунтувались на аналізі літературних джерел, експериментальні — базувалися на проведенні польових та лабораторних дослідів. Під час польових досліджень здійснювався відбір зразків ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Проби для аналізу відбиралися у с. Липці на приватній присадибній ділянці навесні та восени 2020 року. Антропогенне навантаження на ділянку можна вважати незначним, оскільки вона віддалена від основних джерел забруднення. Проби ґрунту відбиралися пластиковим совком методом конверту в ясну погоду об 11:00 год. відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004 [10].

Зразки ґрунту аналізувалися на вміст таких елементів — Fe, Mn, Zn, Cu, Cd. Було здійснено відповідне порівняння отриманих значень концентрацій речовин з показниками ГДК та фоновим вмістом хімічного елементу.

Аналіз отриманих результатів щодо вмісту важких металів у зразках ґрунту показав, що перевищень вмісту важких металів за ГДК не спостерігається. Фонові концентрації вмісту важких металів у зразках ґрунту перевищені по наступним елементам: навесні — по залізу у 3,8 рази та кадмію у 4,0 рази; восени — по залізу у 4,2 рази та кадмію у 2,7 рази. Це свідчить про задовільну якість ґрунтового покриву на дослідженій ділянці.

Для дослідження характеру та особливостей міграції елементів було побудовано акумулятивні ряди накопичення важких металів у досліджуваних зразках ґрунту. Із наведених результатів видно, що в даному випадку простежується чітка закономірності між відсотковим вмістом металів у досліджуваних зразках. Можна виділити стійкий пріоритет концентрацій: сумарний вміст Fe, Mn, складає 69,85% у ґрунті, який відібрано навесні та

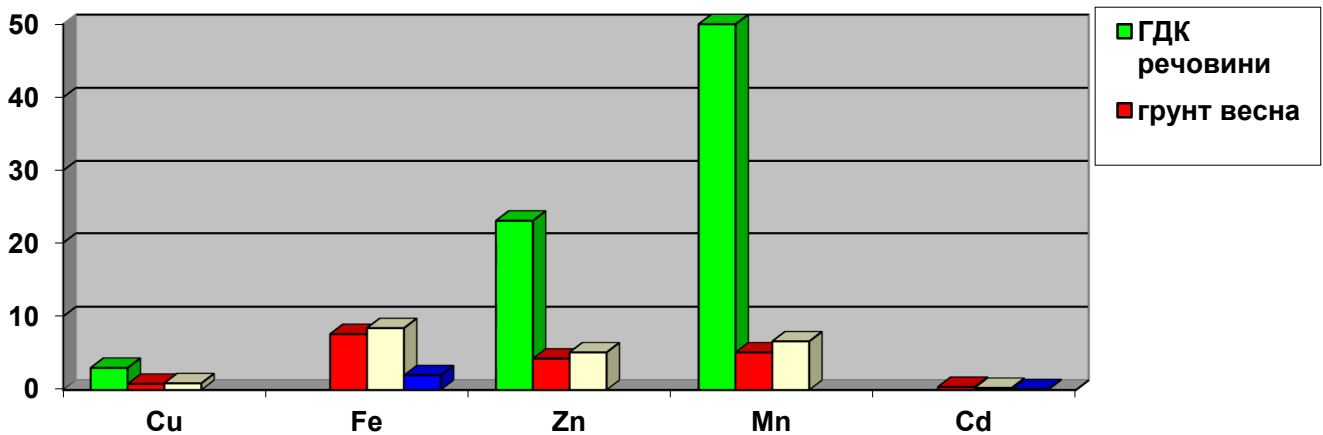


Рис. 1. Вміст рухомих форм важких металів у ґрунтах с. Липці

70,4% у ґрунті, який відібрано восени. Мінімальний вміст у Cd — 2,2 і 1,2% у зразках ґрунту навесні та восени відповідно.

Висновки. На тестовій ділянці у с. Липці було проведено експериментальні дослідження екологіч-

ної якості ґрунтів. В результаті проведених досліджень встановлено, що перевищень вмісту важких металів за ГДК не спостерігається. Фонові концентрації вмісту важких металів у зразках ґрунту перевищені по залізу та кадмію в обох сезонних відборах.

Література

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Корельский, Д. С. Оценка уровня загрязнения приповерхностного слоя почв в зоне воздействия металлургического предприятия. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 9. С. 330–333.
3. Глазовская, М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
4. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почварастение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
5. Табаксблат, Л. С. Основы почвоведения и геохимии ландшафта. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. 196 с.
6. Дмитриев, М. Т. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. М.: Химия, 1989. 368 с.
7. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
8. McBride, M. B. Copper in solide and solution phases of soil. In copher in soils and plants. Academic Press. New York, 1981. P. 25–43.
9. Рихванов, Л. П. Содержание тяжелых металлов в почвах. Томск: Том. политех. ун-т, 1993. 83 с.
10. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Настанови з методів відбирання проб.

УДК 519.2

Абрамова Марина Вадимівна

*кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Абрамова Марина Вадимовна

*кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела
Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины*

Abramova Maryna

PhD in Economics, Senior Researcher of the Department

The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine

Абрамов Антон Павлович

*кандидат військових наук, начальник фінансово-економічної служби
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*

Абрамов Антон Павлович

*кандидат военных наук, начальник финансово-экономической службы
Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины*

Abramov Anton

PhD in Military, Head of the Financial and Economic Service

The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7125

**ПІДХІД ДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ
ФІНАНСУВАННЯ ПОТРЕБ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ ЇХ РОЗВИТКУ**

**ПОДХОД К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ
ФИНАНСИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ ВООРУЖЕННЫХ
СИЛ УКРАИНЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ИХ РАЗВИТИЯ**

**APPROACH TO THE ASSORTMENT OF A RATIONAL STRATEGY
FOR THE ARMED FORCES NEEDS FINANCING OF UKRAINE
IN THE MODERN CONDITIONS OF THEIR DEVELOPMENT**

Анотація. У роботі наведено підхід до вибору раціональної стратегії фінансування потреб Збройних Сил України в умовах невизначеності воєнно-політичної обстановки та економічної ситуації в державі, що може бути використаний для обґрунтування прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: прийняття рішень, фінансування потреб, Збройні Сили, невизначеність, «теорія ігор».

Аннотация. В работе представлен подход к выбору рациональной стратегии финансирования потребностей Вооруженных Сил Украины в условиях неопределенности военно-политической обстановки и экономической ситуации в государстве, который может быть использован для обоснования принятия управленческих решений.

Ключевые слова: принятия решений, финансирования потребностей, Вооруженные Силы, неопределенность, «теория игр».

Summary. The paper presents an approach to the choice of a rational strategy for financing the needs of the Armed Forces of Ukraine in conditions of uncertainty of the military-political situation and the economic situation in the country, which can be used to justify management decisions.

Key words: decision-making, financing needs, the Armed Forces, uncertainty, «game theory».

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Прийняття рішень щодо величини фінансування потреб Збройних Сил (ЗС) є важливою складовою підвищення обороноздатності держави. Протягом тривалого періоду лівова частка бюджету Міністерства Оборони (МО) виділялась на утримання особового складу, тоді як світовий досвід свідчить, що раціональним є розподіл фінансового ресурсу у співвідношенні: 30% — утримання ЗС, 70% — інші видатки на потреби оборони. Такий принцип фінансування закладений і в Орієнтовному розподілі видатків МО України на 2021 рік [1]. Відповідна зміна пріоритетів є суттєвою, зважаючи на невиконані минулі програми реформування та розвитку ЗС, а особливо за сучасної складної економічної ситуації (ЕС) у державі.

В умовах фінансової кризи України, значного спаду виробництва, «заморожування» рівнів пенсій та зарплат, підвищення цін на матеріальні ресурси та енергоносії не можна остаточно спрогнозувати майбутній розвиток ситуації. Тому завдання обґрунтування вибору рішень щодо оптимальної стратегії фінансування потреб Збройних Сил (ЗС) України за умов нестачі інформації (брак якої значно підвищує рівень ризику мінімізації вигоди від вкладення коштів) є важливим, що й визначає актуальність статті.

Аналіз останніх досліджень, публікацій та низки документів. У новій редакції Стратегічного оборонного бюлетеня, розробленого за результатами оборонного огляду, надано оцінку стану й готовності ЗС до виконання завдань оборони держави, а також визначено потребу у фінансових ресурсах для виконання визначених завдань до кінця 2023 року (2-й етап) [2]. Відповідно до Закону України «Про організацію оборонного планування» для забезпечення оптимального та ефективного використання державних коштів застосовується метод програмно-цільового планування розподілу фінансових ресурсів. Разом з тим у [3] зазначається, що «досить часто цей метод формування й розподілу військових фінансів базується не на стратегічних завданнях, а супроводжується некоректно обраною системою показників». Це свідчить про неоптимальність розподілу фінансового ресурсу на виконання запланованих заходів.

В Україні проводилися дослідження щодо вибору та оцінювання ступеня важливості виконання заходів у програмах розвитку та реформування ЗС для оптимального їх виконання за наданого фінансування, а також розроблені рекомендації з їх можливого коригування [4; 5]. У [6] була визначена інтегрована модель оцінки ризиків фінансування програм розвитку ЗС. Але вищевказані дослідження проводилися за визначених вихідних умов без врахування можливості надання неповної інформації у ситуації, яка складається.

У Республіці Польща були висунуті пропозиції щодо можливого використання методу «ігор з приро-

дою» як підтвердження правильності вибору управлінських рішень, зокрема й під час планування фінансування потреб ЗС країни. Можливість вибору управлінських рішень щодо фінансування потреб власних ЗС, з урахуванням майбутніх ризиків в оборонній сфері, знайшло своє відображення в проекті відповідного Закону Республіки Польща [7].

З огляду на зазначене вище, актуальним науковим завданням є пошук раціональних рішень стосовно фінансування потреб ЗС України в сучасних умовах їх розвитку (з урахуванням певної інформації, що стосується тенденцій розвитку воєнно-політичної обстановки (ВПО) та ЕС у державі).

Тому метою статті є розгляд одного з підходів до обґрунтування вибору раціональної стратегії фінансування потреб ЗС України в сучасних умовах її розвитку.

Виклад основних положень матеріалу статті. Підходом, який застосовують для аналізу економічних ситуацій, оцінки ефективності рішень, що приймаються, та вибору кращих альтернатив, для яких ризик пов'язаний з сукупністю невизначених факторів, є метод «ігор з природою». Під невизначеністю розумітимемо «стан неоднозначності розвитку певних подій у майбутньому, стан нашого незнання і неможливості точно передбачити основні величини і показники розвитку ситуації» [8]. А терміном «природа» позначимо комплекс зовнішніх умов, за яких доведеться приймати рішення. З допомогою вищевказаного підходу було розглянуто фінансування потреб ЗС з двох точок зору: вибір стратегії мінімального ризику та вибір стратегії максимальної вигоди без врахування ризику, котрий був виражений через зміну станів воєнно-політичної обстановки (ВПО) та ЕС.

Для прийняття рішень за умов неповноти інформації можуть використовуватися відповідні критерії (табл. 1).

Для наочної демонстрації використання критеріїв прийняття рішень за умов невизначеності була прийнята мінімальна кількість чисельних даних для обрахування: стратегія № 1: 30% — фінансування утримання; 70% — фінансування інших потреб; стратегія № 2: 80% — фінансування утримання; 20% — фінансування інших потреб; стратегія № 3: 50% — фінансування утримання; 50% — фінансування інших потреб.

Експертним опитуванням визначена вірогідність вибору стратегії відповідно до отриманих умов ВПО та ЕС («+» — позитивна ситуація; «-» — негативна ситуація):

за «+» ВПО та «+» ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 1 — 0,5;

за «-» ВПО та «-» ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 1 — 0,6;

за «+» ВПО та «+» ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 2 — 0,45;

за «-» ВПО та «-» ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 2 — 0,48;

Таблиця 1

Стисла характеристика критеріїв прийняття рішень, які можуть бути використані за умов неповноти інформації

Критерій	Зміст
Критерій Байеса	Оптимального значення набуває та стратегія (чиста) A_i , за якої максимізується середній виграш, а/або мінімізується середній ризик r .
Критерій Вальда	За оптимальну приймається чиста стратегія, яка в найгірших умовах гарантує максимальний виграш, тобто $A_i = \max(\min a_i^j)$. Даний критерій відображає песимістичну оцінку ситуації.
Критерій Севіджа	За оптимальну приймається та стратегія, у разі вибору якої величина максимального ризику мінімізується за найгірших умов ($A_i = \min(\max r_i^j)$). Даний критерій орієнтує статистику на найгірший «стан природи». Тут ризик — це величина невідповідності між різними можливими варіантами вибору відповідних стратегій.
Критерій Гурвиця	За оптимальну приймається та стратегія ($\max A_i$), яка відповідає умові: $y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$. За $y = 1$, отримуємо критерій Вальда, а за $y = 0$ — оптимістичний критерій (максімакс). Тобто, що чим гірші наслідки невірних рішень, то тим більшим є бажання їх уникнути, або $y \rightarrow 1$.

Джерело: дані сформовано на основі підходів обґрунтованих у [9]

Таблиця 2

Вибір стратегії фінансування потреб ЗС України на найближчий період за умов неповноти інформації з використанням різних критеріїв

Умова: максимізація вигоди Вхідні дані:				Умова: мінімізація ризику Вхідні дані:					
50	60	10	0	45	48	15	12		
20	25	40	35						
Критерій Байеса									
Визначимо $\sum(a_i^j q^j)$. $\sum(a_1^j q^j) = 50 \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5 = 55;$ $\sum(a_2^j q^j) = 45 \cdot 0,5 + 48 \cdot 0,5 = 46,5;$ $\sum(a_3^j q^j) = 20 \cdot 0,5 + 60 \cdot 0,5 = 22,5.$				Доцільно обрати стратегію A_1	Визначимо $\sum(a_i^j q^j)$. $\sum(a_1^j q^j) = 10 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,5 = 5;$ $\sum(a_2^j q^j) = 15 \cdot 0,5 + 12 \cdot 0,5 = 13,5;$ $\sum(a_3^j q^j) = 40 \cdot 0,5 + 35 \cdot 0,5 = 37,5.$				Доцільно обрати стратегію A_3
A_i	Π_1	Π_2	$\sum(a_i^j q^j)$		A_i	Π_1	Π_2	$\sum(a_i^j q^j)$	
A_1	25	30	55		A_1	5	0	5	
A_2	22,5	24	46,5		A_2	20	6	13,5	
A_3	10	12,5	22,5	A_3	10	17,5	37,5		
q^j	0,5	0,5	-	q^j	0,5	0,5	-		
Обираємо з (60;48;25). Мах=60.				Обираємо з (5;13,5;37,5). Мах=37,5.					
Критерій Вальда									
A_i	Π_1	Π_2	$\min a_i^j$	Доцільно обрати стратегію A_1	A_i	Π_1	Π_2	$\min a_i^j$	Доцільно обрати стратегію A_3
A_1	50	60	50		A_1	10	0	0	
A_2	45	48	45		A_2	15	12	12	
A_3	20	25	20		A_3	40	35	35	
Обираємо з (50;45;20). Мах=50				Обираємо з (0;12;35). Мах=35					

Критерій Севіджа																																			
(Знаходимо матрицю ризиків. Максимальний виграш у j -му стовбчику $b^j = \max a_i^j$ характеризує «стани природи»)																																			
<p>Розраховуємо r_n :</p> $r_{11} = 50 - 50 = 0;$ $r_{21} = 50 - 45 = 5;$ $r_{31} = 50 - 20 = 30;$ $r_{12} = 60 - 60 = 0;$ $r_{22} = 60 - 48 = 12;$ $r_{32} = 60 - 25 = 35.$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>A_i</th> <th>Π_1</th> <th>Π_2</th> <th>$\max a_i^j$</th> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>A_3</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> </table> <p>Обираємо з (0;12;35). Min=0</p>	A_i	Π_1	Π_2	$\max a_i^j$	A_1	0	0	0	A_2	5	12	12	A_3	30	35	35	<p>Доцільно обрати стратегію</p> <p style="font-size: 1.2em;">A_1</p>	<p>Розраховуємо r_n :</p> $r_{11} = 40 - 10 = 30;$ $r_{21} = 40 - 15 = 25;$ $r_{31} = 40 - 40 = 0;$ $r_{12} = 35 - 0 = 35;$ $r_{22} = 35 - 12 = 23;$ $r_{32} = 35 - 35 = 0.$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>A_i</th> <th>Π_1</th> <th>Π_2</th> <th>$\max a_i^j$</th> </tr> <tr> <td>A_1</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>25</td> <td>23</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>A_3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table> <p>Обираємо з (35;25;0). Min=0</p>	A_i	Π_1	Π_2	$\max a_i^j$	A_1	30	35	35	A_2	25	23	25	A_3	0	0	0	<p>Доцільно обрати стратегію</p> <p style="font-size: 1.2em;">A_3</p>
A_i	Π_1	Π_2	$\max a_i^j$																																
A_1	0	0	0																																
A_2	5	12	12																																
A_3	30	35	35																																
A_i	Π_1	Π_2	$\max a_i^j$																																
A_1	30	35	35																																
A_2	25	23	25																																
A_3	0	0	0																																
Критерій Гурвиця																																			
<p>Розраховуємо A_i :</p> $A_1 = 0,5 \cdot 50 + (1 - 0,5) \cdot 60 = 55;$ $A_2 = 0,5 \cdot 45 + (1 - 0,5) \cdot 48 = 46,5;$ $A_3 = 0,5 \cdot 20 + (1 - 0,5) \cdot 25 = 22,5;$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>A_i</th> <th>min (a_i^j)</th> <th>max (a_i^j)</th> <th>$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$</th> </tr> <tr> <td>$A_1$</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>45</td> <td>48</td> <td>46,5</td> </tr> <tr> <td>A_3</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>22,5</td> </tr> </table> <p>Обираємо з (55;46,5;22,5). Max=55.</p>	A_i	min (a_i^j)	max (a_i^j)	$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$	A_1	50	60	55	A_2	45	48	46,5	A_3	20	25	22,5	<p>Доцільно обрати стратегію</p> <p style="font-size: 1.2em;">A_1</p>	<p>Розраховуємо A_i :</p> $A_1 = 0,5 \cdot 0 + (1 - 0,5) \cdot 10 = 5;$ $A_2 = 0,5 \cdot 12 + (1 - 0,5) \cdot 15 = 13,5;$ $A_3 = 0,5 \cdot 35 + (1 - 0,5) \cdot 40 = 37,5;$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>A_i</th> <th>min (a_i^j)</th> <th>max (a_i^j)</th> <th>$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$</th> </tr> <tr> <td>$A_1$</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>A_2</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>13,5</td> </tr> <tr> <td>A_3</td> <td>35</td> <td>40</td> <td>37,5</td> </tr> </table> <p>Обираємо з (5;13,5;37,5). Max=37,5.</p>	A_i	min (a_i^j)	max (a_i^j)	$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$	A_1	0	10	5	A_2	12	15	13,5	A_3	35	40	37,5	<p>Доцільно обрати стратегію</p> <p style="font-size: 1.2em;">A_3</p>
A_i	min (a_i^j)	max (a_i^j)	$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$																																
A_1	50	60	55																																
A_2	45	48	46,5																																
A_3	20	25	22,5																																
A_i	min (a_i^j)	max (a_i^j)	$y \min(a_i^j) + (1 - y) \max(a_i^j)$																																
A_1	0	10	5																																
A_2	12	15	13,5																																
A_3	35	40	37,5																																

Джерело: дані сформовано на основі розрахунків автора, відповідно до підходів наведених у [9]

за «+» ВПО та «+»ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 3 — 0,2;

за «-» ВПО та «-»ЕС, вірогідність вибору Стратегії № 3 — 0,25.

Матриця вхідних значень для подальших розрахунків має вигляд:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Стратегія №1} \left\{ \begin{array}{l} 30 \cdot 0,5 + 70 \cdot 0,5 = 50; \\ 30 \cdot 0,6 + 70 \cdot 0,6 = 60; \end{array} \right. \\
 \text{Стратегія №2} \left\{ \begin{array}{l} 80 \cdot 0,45 + 20 \cdot 0,45 = 45; \\ 80 \cdot 0,48 + 20 \cdot 0,48 = 48; \end{array} \right. \\
 \text{Стратегія №3} \left\{ \begin{array}{l} 50 \cdot 0,2 + 50 \cdot 0,2 = 20; \\ 50 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,25 = 25; \end{array} \right.
 \end{array} \right\} \begin{bmatrix} 50 & 60 \\ 45 & 48 \\ 20 & 25 \end{bmatrix}$$

Якщо вхідні дані включають різні варіанти очікуваного ризику, тоді необхідно знайти найменш витратний варіант або варіант з найнижчим ризиком вкладення коштів. Оскільки необхідно мінімізувати витрати, модифікуємо вхідну матрицю шляхом множення всіх елементів на (-1) та їх додаванням з максимальним елементом (60), таким чином зводимо пошук рішення до пошуку мінімальної функції (табл. 2).

Таким чином, за результатами розрахунків відповідно до розглянутого підходу визначено, що для фінансування потреб ЗС доцільно використовувати Стратегію № 1 (30% — фінансування утримання; 70% — фінансування інших потреб). Практично збігається з даними Орієнтовного розподілу видатків МО на 2015–2018 роки (28,5% — утримання

ЗС; 71,5% — інші видатки). Водночас проведені розрахунки свідчать, що для мінімізації очікуваного ризику вкладення коштів більш виграним є використання Стратегії № 3 (50% — утримання ЗС; 50% — інші витрати).

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті розглянуто можливість застосування методу «ігор з природою» як одного з підходів до вибору раціональної стратегії фінансування потреб Збройних Сил України. Застосування цього методу дозволяє

приймати управлінські рішення за умов неповноти інформації з урахуванням максимальної вигоди від розподілу фінансового ресурсу та мінімізації ризику вкладення коштів за воєнно-політичної обстановки та економічної ситуації, що складається.

Подальших досліджень потребує класифікація ступенів невизначеності (повної, неповної, часткової) під час вибору стратегії фінансування потреб ЗС та визначення оптимальних методів її обґрунтування відповідно до ситуації.

Література

1. Орієнтовний розподіл видатків Міністерства оборони України на 2015–2021 роки: МО України [від 22.05.2015 № 3226–63]. URL: <http://www.mil.gov.ua/diyalnist/reformi-ta-planuvannya-u-sferi-oboronni/rozpodil.pdf>.
2. Україна. Президент. Про Стратегічний оборонний бюлетень. URL: http://www.mil.gov.ua/content/other/strategichnyj_buletenj.pdf.
3. Марко, Є. Проблеми планування та реформування оборонного бюджету в сучасних умовах [Текст] / Є. Марко, І. Ващенко // Наука і оборона. К.: [б.в.], 2013. № 4. С. 29.
4. Дідіченко В. П. Щодо оцінювання результатів виконання заходів програм розвитку Збройних Сил України за плановий період [Текст] / В. П. Дідіченко, А. Ф. Савостьянов, О. М. Семененко, М. О. Слюсаренко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. К., 2010. № 4 (54). С. 33–45.
5. Обґрунтування рекомендацій щодо удосконалення механізму реформування програм і планів реформування та розвитку Збройних Сил України під час здійснення оборонного планування [Текст]: НДР «Меридіан»: роб. матер. К.: ЦНДІ ЗСУ, 2019. 258 с.
6. Бажан Л. І. Інтегрована модель оцінки ризиків фінансування програм розвитку Збройних Сил України [Текст] / Л. І. Бажан, О. П. Остапенко // Міжнар. наук.-практ. конф. К.: НАН та МОН України, 2013. 158 с.
7. Польща. Проект Закону. О przebudowie i modernizacji technicznej oraz finansowaniu Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. URL: <http://www.abc.com.pl/du-akt/-/akt/dz-u-2001-76-804>.
8. Камалян, А. Принятие управленческих решений в условиях риска и неопределенности: теория, методология, практика [Текст]: (монография) / А. Камалян, Л. Яновский. Воронеж: ВГАУ, 2000. 193 с.
9. Нейман, Д. Теория игр и экономическое поведение [Текст] / Д. Нейман, О. Маргенштерн. М.: Наука, 1970. 358 с.

Мищенко Юрий Дмитриевич

кандидат технических наук, директор

Частное предприятие «Центр данных «Информматериал»

Мищенко Юрій Дмитрович

кандидат технічних наук, директор

Приватне підприємство «Центр даних «Інформматеріал»

Mishchenko Iurii

PhD, Director

Private Enterprise «Data Center «Informmaterial»

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7172

ПРИРОДА ТУРБУЛЕНТНОСТИ СТРУЙ ПОТОКОВ ПРИРОДА ТУРБУЛЕНТНОСТІ СТРУМЕНІВ ПОТОКІВ THE NATURE OF TURBULENCE OF JETS OF STREAMS

Аннотация. Понимание природы турбулентности остается важнейшей нерешенной проблемой современности. Особенно актуально выяснение физики явления. В настоящей работе предложена физическая модель турбулентности струй потоков. В основу модели положены проверенные практикой факторы, сопутствующие появлению турбулентности: скорость потока, размер области, вязкость среды, масштаб времени. Теоретические выводы приведены к аналитическому выражению, определяющему характер движения струй.

Ключевые слова: природа турбулентности, физика турбулентности, энергия, струя.

Анотація. Розуміння природи турбулентності залишається найважливішою невирішеною проблемою сучасності. Особливо актуально з'ясування фізики явища. У даній роботі запропонована фізична модель турбулентності струменів потоків. В основу моделі покладено перевірені практикою фактори, супутні появи турбулентності: швидкість потоку, розмір області, в'язкість середовища, масштаб часу. Теоретичні висновки приведені до аналітичного вираження, яке визначає характер руху струменів.

Ключові слова: природа турбулентності, фізика турбулентності, енергія, струмів.

Summary. Understanding the nature of turbulence remains the most important unsolved problem of our time. Elucidation of the physics of the phenomenon is especially important. In this work, we propose a physical model of turbulence of jet streams. The model is based on the factors proven by practice that accompany the appearance of turbulence: flow velocity, size of the region, viscosity of the medium, and time scale. Theoretically, the conclusions are reduced to an analytical expression that determines the nature of the motion of the jets.

Key words: nature of turbulence, physics of turbulence, energy, jet.

Введение. Известные определения турбулентности отражают лишь часть свойств этого явления.

П. Брэдшоу [1] определял турбулентность как трехмерное нестационарное движение, в котором вследствие растяжения вихрей создается непрерывное распределение хаотических пульсаций параметров потока (скорости, давления и т. д.).

Т. Карман [2] считал, что турбулентность неупорядоченного движения связана с обтеканием непроницаемых поверхностей, или же, когда соседние потоки одной и той же среды следуют рядом или проникают один в другой.

И. Хинце [3] предполагал обязательное наличие в турбулентном движении различных величин, претерпевающих хаотическое изменение во времени и по пространственным координатам.

Перечень определений постоянно пополняется. В последнее время можно встретить примерно такое определение: турбулентность — это бурное, беспорядочное течение жидкости (или газа), проявляющееся в появлении нелинейных фрактальных волн, возникающих при увеличении скорости течения.

Однозначного определения турбулентности пока не существует. Расплывчатость и неоднозначность

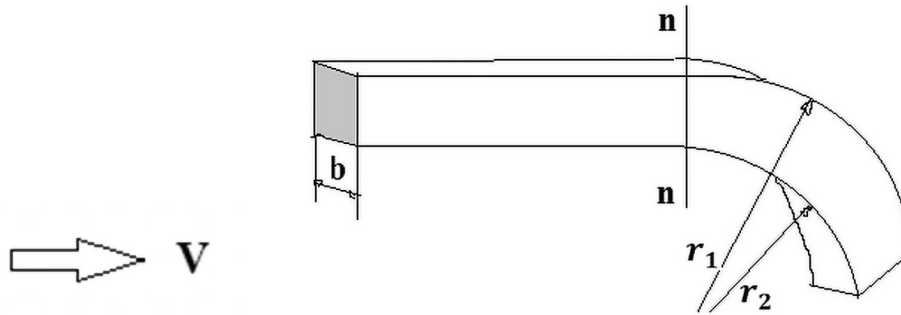


Рис. 1. Схема отдельной струи

определений, свидетельствует о невыясненной до нашего времени природе турбулентности.

Турбулентность связана с неустойчивостью потока в целом. Проявляется в виде совокупности разномасштабных вихрей, которые обычно видны и хорошо различимы. Вихрь объединяет в круговое движение совокупность частиц среды, принадлежащих к одной из струй потока.

Постановка задачи. Реальный поток складывается из совокупности струй. Под струей подразумеваем часть среды, ограниченной поверхностью траекторий точек замкнутого контура. Одну из струй схематически представим на рис. 1.

До области, отмеченной секущей $n-n$, движение струи имеет ламинарный характер, при котором все частицы с одинаковой скоростью движутся параллельными прямолинейными траекториями. После границы, отмеченной секущей $n-n$, частицы струи по каким-то причинам искривляют траекторию своего движения.

Из законов классической механики — частицы в отсутствии действующих сил находятся в покое или движутся прямолинейно. Прямолинейное и равномерное движение частиц в струе свидетельствует о взаимном уравновешивании действующих сил, когда силы сопротивления уравновешиваются силами движения.

Искривление траекторий частиц происходит в результате воздействия неуравновешенных сил, направленных под углом к скорости. Отношение действующих сил в искривленной струе несколько иное, чем в прямой струе. Кроме этого в искривленной струе из-за возникновения градиента скорости дополнительно появляются тормозящие силы вязкого трения.

Источников внешней энергии нет. Энергия для искривления струи передается от предшествующего прямолинейного участка. Энергия искривленной струи не может превысить энергию прямой струи, из которой она образовалась.

На преодоление сил сопротивления расходуются кинетическая энергия струи. Струя, подобно ручейку на пересеченной местности, «выбирает» путь наименьшего сопротивления с наименьшими

затратами энергии. Более экономным, при этом, может оказаться не прямой путь. Движение по искривленному пути в ряде случаев требует меньших затрат энергии, чем прямолинейное движение. Для нашего случая отмеченная ситуация описывается неравенством

$$E_{лам.} > E_{турб.} + E_{вяз.}, \tag{1}$$

где $E_{лам.}$ — энергия прямой струи; $E_{турб.}$ — энергия искривленной струи; $E_{вяз.}$ — энергия на преодоления сил вязкости в искривленной струе. Если выполняется условие (1), струя переходит от прямолинейного к искривленному движению, при котором затраты энергии ниже.

Аналогично, возможна противоположная ситуация, когда струя восстанавливает прямолинейное движение из криволинейного при соблюдении обратного неравенства

$$E_{турб.} + E_{вяз.} > E_{лам.} \tag{2}$$

Задача состоит в определении условий, при которых кинетическая энергия искривленной струи оказывается ниже кинетической энергии прямой струи.

Решение задачи. Используем схему на рис. 1. Кинетическая энергия прямолинейного участка струи

$$E_{лам.} = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho b(r_1 - r_2)v^3 t}{2}, \tag{3}$$

где масса $m = \rho b(r_1 - r_2)vt$;

v — скорость;

ρ — плотность (единицы измерения $\frac{кг}{м^3}$).

Кинетическая энергия искривленной струи по радиусам r_1, r_2

$$E_{турб.} = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{\rho b \pi (r_1^4 - r_2^4) v^2}{(r_1 + r_2)^2}, \tag{4}$$

где момент инерции

$$J = \frac{\rho b \pi (r_1^4 - r_2^4)}{2}, \tag{5}$$

угловая скорость

$$w = \frac{2v}{r_1 + r_2}. \quad (6)$$

На криволинейном участке частицы, перемещающиеся по радиусам r_1 и r_2 , имеют отличающиеся скорости. Со стороны слоя с большей скоростью появляются силы, ускоряющие движение, а со стороны слоя с меньшей скоростью появляются силы, замедляющие движение. Величина этих сил зависит от вязкости среды и от разности скоростей между слоями.

Силу вязкого трения между слоями определим по формуле Ньютона [4]

$$F = \mu \frac{dv}{dr} S = \mu \frac{2v(r_1 - r_2)}{r_1 - r_2} bvt = \mu bvt^2 \frac{2}{r_1 + r_2}, \quad (7)$$

где $dr = r_1 - r_2$; $dv = \frac{2v(r_1 - r_2)}{r_1 + r_2}$; $S = bvt$;

μ — коэффициент динамической вязкости.

Перепишем уравнение (7), поменяв μ на коэффициент кинематической вязкости γ через отношение $\mu = \gamma\rho$

$$F = \gamma\rho bvt^2 \frac{2}{r_1 + r_2}. \quad (8)$$

Энергия на преодоление сил вязкого трения равна произведению силы на путь

$$E_{\text{вяз.}} = Fvt = \gamma\rho bvt^2 \frac{2}{r_1 + r_2} vt = 2 \frac{\gamma\rho bt^2 v^3}{r_1 + r_2}. \quad (9)$$

Подставим найденные значения $E_{\text{лам.}}$, $E_{\text{турб.}}$ $E_{\text{вяз.}}$ в условие (1).

$$E_{\text{лам.}} > E_{\text{турб.}} + E = \frac{\rho b(r_1 - r_2)v^3 t}{2} > \frac{\rho b\pi(r_1^4 - r_2^4)v^2}{(r_1 + r_2)^2} + 2 \frac{\gamma\rho bt^2 v^3}{r_1 + r_2}. \quad (10)$$

Упростим (10), поделив все члены на ρbv^2

$$\frac{(r_1 - r_2)vt}{2} > \frac{\pi(r_1^4 - r_2^4)}{(r_1 + r_2)^2} + 2 \frac{\gamma t^2 v}{r_1 + r_2} \quad (11)$$

Введем коэффициент k , определяющий относительную толщину струи.

$$k = \frac{r_2}{r_1} \text{ или } r_2 = kr_1, \quad (12)$$

Применим k для (11)

$$\frac{r_1(1-k)vt}{2} > \frac{\pi r_1^2(1-k^4)}{(1+k)^2} + 2 \frac{\gamma t^2 v}{r_1(1+k)} \quad (13)$$

Выражение (13) в параметрах потока определят условие, при котором произойдет искривления струи.

Анализ критерия (13) выполним при помощи построения графиков. Один из графиков, показывающий уровень кинетической энергии прямого участка, представим левой частью (13) $\frac{r_1(1-k)vt}{2}$.

Второй график, отождествляющей уровень энергии искривленного участка, представим правой частью (13)

$$\left[\frac{\pi r_1^2(1-k^4)}{(1+k)^2} + 2 \frac{\gamma t^2 v}{r_1(1+k)} \right].$$

Оба графика строим в общих координатах путем наложения одного графика на другой. Функция (13) задана двумя аргументами r_1 и k , поэтому графики отобразятся плоскостями в трехмерном пространстве.

Для примера, построим графики следующих исходных данных:

- размер струи r_1 в пределах 0.1–0.2 м.;
- скорость в интервале от 0.3 м/сек. до 1.3 м/сек.;
- вязкость среды $\gamma = 1.51 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}}$ (воздух);
- временной интервал 1 сек.

Энергия прямого участка струи на графиках отмечена плоскостью «Ламинарный». Энергия искривленного участка отмечена плоскостью «Турбулентный».

Как и ожидалось, кинетическая энергия прямого участка струи пропорционально возрастает с увеличением скорости. Плоскость «Ламинарный» последовательно перемещается вверх по ординате «Энергия E» по мере роста скорости от 0.3 м/сек. до 1.3 м/сек.

Иначе происходит с плоскостью «Турбулентный». Энергия для искривления струи не зависит от скорости потока

$$E_{\text{турб.}} = \frac{\pi r_1^2(1-k^4)}{(1+k)^2}.$$

Влияние скорости для искривленной струи проявляется только из-за появления вязкой составляющей

$$E_{\text{вяз.}} = 2 \frac{\gamma t^2 v}{r_1(1+k)},$$

которая в силу малости $\gamma = 1.51 \cdot 10^{-5}$ не оказывает значительного влияния. Плоскость «Турбулентный», для выбранного примера, почти не перемещается по ординате «Энергия E» с ростом скорости от 0.3 м/сек. до 1.3 м/сек.

При скорости 0.3 м/сек. рис. 2(а) кинетической энергии прямого участка недостаточно, чтобы искривить струю по радиусам 0.1–0.2 м. Плоскость «Ламинарный» лежит ниже плоскости «Турбулентный».

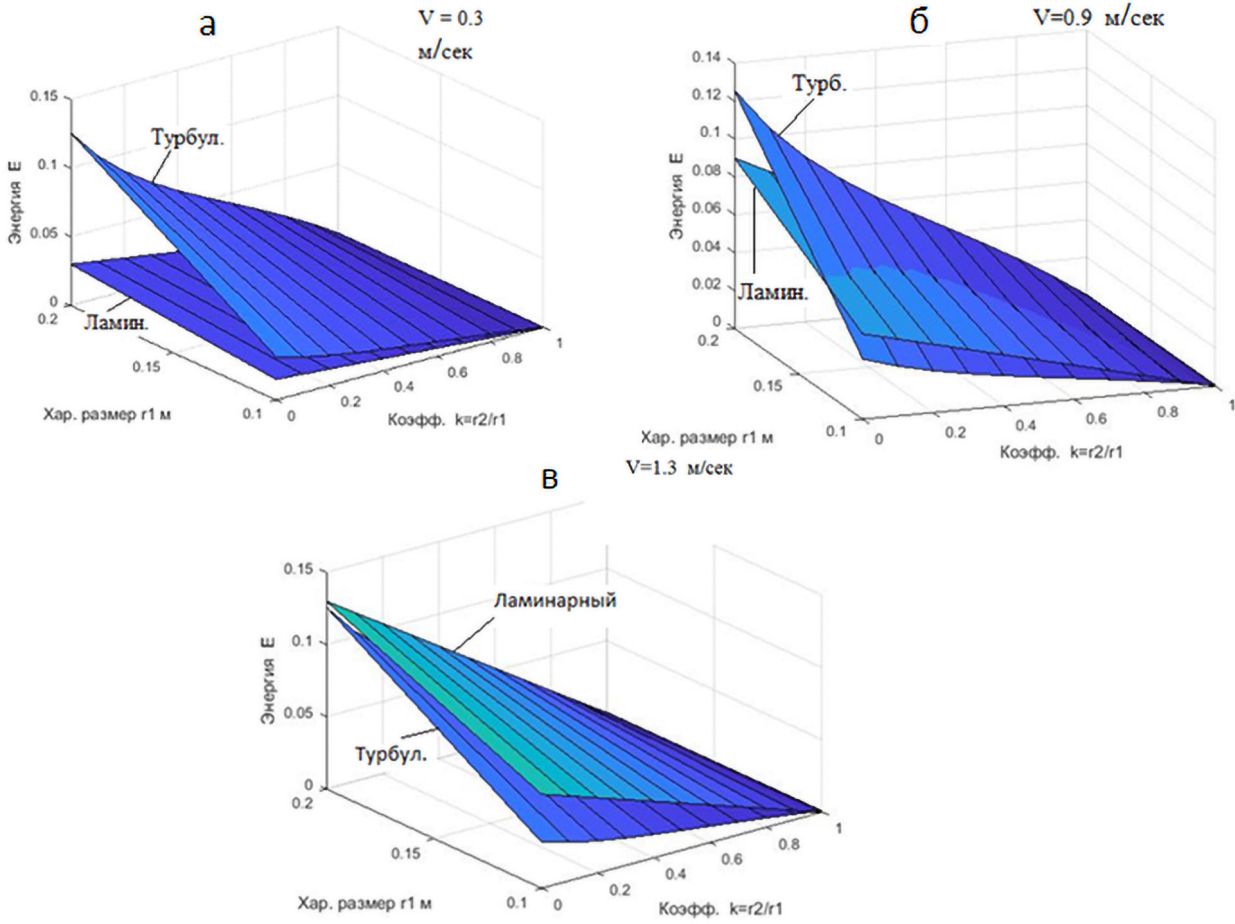


Рис. 2. Сопоставление энергий ламинарного и турбулентного участков струй при скоростях: а — 0.3 м/сек.; б — 0.9 м/сек.; в — 1.3 м/сек.

При скорости 0.9 м. в сек. рис. 2(б) для струй, начиная с размера $r_1 \approx 0.15$ м и меньше, создаются условия для искривления струи. Линия пересечения плоскостей «Ламинарный» и «Турбулентный» отмечает критический размер струи, при которой возможно ее искривление. Струи размера 0.15 м искривляются при скорости 0.9 м. в сек.

При скорости 1.3 м. в сек. рис. 2(в) энергии ламинарного прямого участка с запасом хватает для искривления струй размеров от 0.1 до 0.2 м.

Для каждого размера струй существует определенная скорость, при которой происходит их изгиб. Существует и обратный процесс — возврат струи к исходному прямому состоянию из-за снижения скорости.

Видоизменение характера движения струй сопровождается снижением уровня кинетической энергии. Снижение энергии происходит как при искривлении струи, так и при возвращении струи к исходному прямому состоянию.

Траектория искривленных струи описывает замкнутый контур. Окружность — кратчайший путь замкнутого контура. Минимум затрат энергии происходит на кратчайшем пути. Изгибаясь, струи движутся по радиусам окружностей образуя вихри.

Исследование результатов. Перепишем формулу (13) для определения критической скорости $v_{крит.}$, при которой струя искривится

$$v_{крит.} = \frac{2\pi r_1^3 (1 - k^4)}{(1 + k) [r_1^2 t (1 - k^2) - 4\gamma t^2]} \quad (14)$$

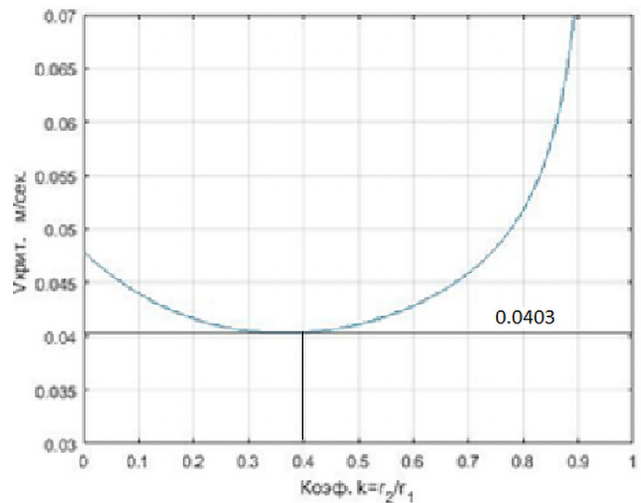


Рис. 3. Зависимость $v_{крит.}$ от коэффициента k

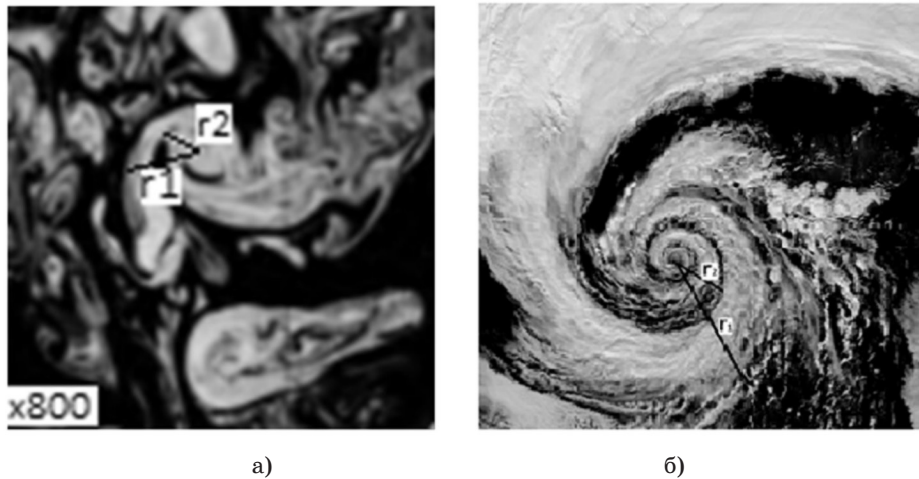


Рис. 4. а — микровихрь в потоке; б — атмосферный циклон

Произвольно выберем $r_1 = 0.007\text{ м}$, $\gamma = 1.51 \cdot 10^{-5}$, $t = 1$ сек. Расчеты выполним в интервале значений $k = 0 \div 1$.

Функция (14) имеет экстремум в точке минимума

$$k = \frac{r_2}{r_1} = 0,4.$$

Относительная толщина струи 0,4 соответствует наименьшему значению $v_{крит.}$ и соответственно требует минимум энергии для искривления. Струи подобных пропорций имеют наибольшее распространение в природе. Действительно на фотографиях (рис. 4) отношения внутреннего радиуса r_2 к внешнему радиусу r_1 примерно соответствует 0,4. Отмеченная закономерность присуща как микровихрям, так и мегавихрям.

Используем фиксированное значение $k = 0,4$ для упрощения критерий (13).



где параметр r — принимает смысл характерного размера струи; v, t, γ — скорость, масштаб времени и кинематическая вязкость — соответственно.

Область положительных значений функции (15) соответствует состоянию искривленной струи, а отрицательных — прямой струе. Все члены функции (15) имеют размерность (м^3) — характерного объема расчетной области.

Характерно, что формула (15) в иной записи фактически повторяет, широко используемый на практике эмпирический критерий О. Рейнольдса [6]

$$Re = \frac{vD}{\gamma}, \quad (16)$$

где v — скорость; D — характерный размер; γ — вязкость среды. Как в критерии О. Рейнольдса (16), так и в формуле (15) используются одни и те же задающие параметры (скорость, размер, вязкость). Отличие состоит в отсутствии обозначенного числа Re и в появлении параметра времени t .

Влияние времени продемонстрировано на рис. 5.

Область положительных значений функции на графиках (рис. 5) соответствует искривленному состоянию струи.

Для искривления струи по радиусу r требуется энергия $1.56r^3$ (15). Такой уровень энергии перекрывается предшествующим ламинарным участком $0.3vtr^2$ (15). Когда t слишком мало, кинетической энергии ламинарного участка не хватает для искривления струи. Поэтому искривление струи происходит с некоторой временной задержкой. Для струй радиуса $r = 0.03$ м задержка составляет 1 сек., а радиуса $r = 0.3$ м — 0.014 сек. (рис. 5).

С течением времени положительный баланс энергии искривленной струи увеличивается (левая восходящая часть кривых (рис. 5). Излишек энергии приводит к появлению изогнутых струй второго порядка малости в теле существующей изогнутой струи. В турбулентном потоке всегда наблюдаются мелкие вихревые структуры в теле более крупных структур.

По истечении некоторого времени наступает момент, когда отрицательная составляющая энергии вязкого трения, которая пропорциональна квадрату времени $-1.43\gamma vt^2$ (15), начинает оказывать существенное влияние. Возникает ниспадающая ветвь энергии (правая ветвь кривых графиков (рис. 5). В конечном итоге, через определенное время, изогнутая струя прекращает свое существование.

Изогнутая струя проходит три этапа существования: возникновение, развитие и угасание. За период существования искривленная струя многократно обходит замкнутый контур, образуя вихрь. Воздуш-

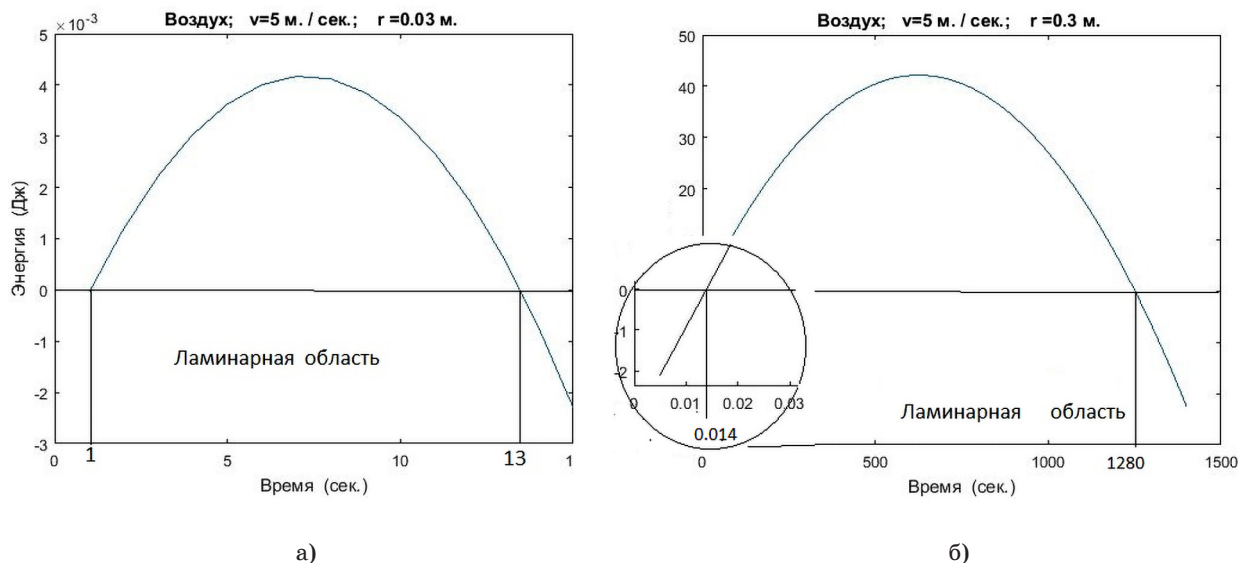


Рис. 5. Влияния времени на искривление струй: а) $r = 0.03$ м; б) $r = 0.3$ м

ный вихрь размером $r = 0.03$ м в скоростном потоке 5 м/сек. существует 12 сек., а вихрь размером $r = 0.03$ м более 20 мин. (рис. 5).

В турбулентном потоке постоянно возникают и распадаются вихри разных размеров. Хаотическое, и казалось бы абсолютно случайное турбулентное течение, на самом деле подчинено строгим законам сохранения и перераспределения энергии между различными формами движений. Струи потока образуют вихри, если кинетическая энергия искривленных струй оказывается ниже энергии прямых струй.

Энергия вихря predetermined величиной радиуса и скоростью вращения. Энергия вихря ниже, если меньше линейная скорость исходной прямой струи.

Струя, обтекая тело притормаживается, теряя часть кинетической энергии. Если уровень потерь энергии приторможенной струи укладывается в условие (1) наблюдаем турбулизацию пограничного слоя. Где $E_{лам.}$ — энергия набегающей струи, $E_{турб.}$ — энергия приторможенной струи. Струя, обтекая тело может образовать вихрь, оставаясь при этом ламинарной в свободном потоке.

Выводы. Турбулентность возникает, когда кинетическая энергия искривленных струй становится ниже кинетической энергии прямых струй.

Турбулентность возможна при соответствующем сочетании размеров струй, скорости, вязкости среды, масштаба времени.

Литература

1. Брэдшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. Пер. с англ. под ред. Глушко Г. С. М.: Мир, 1974. 279 с.
2. Карман Т. «Турбулентность» УФН 21 21–59 (1939).
3. Хинце И. Турбулентность. Ее механизм и теория. Пер. Олег Яковлевский. Москва: Физматгиз, 1963.
4. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ. 1955. 519 с.
5. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 1978. 944 с.
6. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ. 1955. 519 с.

Шевага Діана Олександрівна

студентка

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Шевага Диана Александровна

студентка

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Shevaha Diana

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Рисін Сергій Валентинович

старший викладач

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова

Національної академії медичних наук України

Рысин Сергей Валентинович

старший преподаватель

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»;

Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии имени Н. Н. Амосова

Национальной академии медицинских наук Украины

Rysin Serhii

Senior Lecturer

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»;

National M. Amosov Institute of Cardio-Vascular Surgery Affiliated to

National Academy of Medical Sciences of Ukraine

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7167

**ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ ЛОГІСТИЧНОЇ РЕГРЕСІЇ ЗА ЯСКРАВІСТНИМИ
ТА ГЕОМЕТРИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗОБРАЖЕНЬ
СПЕКЛ-ТРЕКІНГ ЕХОКАРДІОГРАФІЇ**

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ
ПО ЯРКОСТНЫМ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ
ИЗОБРАЖЕНИЙ СПЕКЛ-ТРЕКИНГ ЭХОКАРДИОГРАФИИ**

**BUILDING OF LOGISTIC REGRESSION MODELS BASED
ON BRIGHTNESS AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS
OF SPECKLE-TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY IMAGES**

Анотація. В роботі розглянуто побудову моделей логістичної регресії для знаходження ознак порушення нормальної роботи серця на підставі яскравості і геометричних характеристик зображень спекл-трекінг ехокардіографії з використанням в якості референтних значень висновків сегментної моделі серця.

Ключові слова: спекл-трекінг ехокардіографія, добутамін, сегментна модель серця, комп'ютерний аналіз зображень, комп'ютерна обробка зображень.

Аннотация. В работе рассмотрено построение моделей логистической регрессии для нахождения признаков нарушения нормальной работы сердца на основании яркостных и геометрических характеристик изображений спекл-трекинга эхокардиографии с использованием в качестве референтных значений заключения сегментной модели сердца.

Ключевые слова: спекл-трекинг эхокардиография, добутамин, сегментная модель сердца, компьютерный анализ изображений, компьютерная обработка изображений.

Summary. The paper considers the building logistic regression models for finding signs of a violation of the normal heart functioning based on the brightness and geometric characteristics of the speckle-tracking echocardiography images using the conclusions of the cardiac segmentation model as reference values.

Key words: speckle-tracking echocardiography, dobutamine, cardiac segmentation model, computer image analysis, computer image processing.

Постановка проблеми. Як відомо з результатів численних сучасних досліджень, серцево-судинні захворювання посідають перше місце серед причин смертності та одно з перших місць — серед причин інвалідності. Зважаючи на це, своєчасне виявлення відхилень в роботі серцево-судинної системи та попередження подальшого їх розвитку представляє собою актуальну проблематику сьогодення. Одним з напрямів медичних досліджень, що націлені на вирішення цієї задачі, є різноманітні способи аналізу роботи серця та судин, серед яких доволі перспективною технологією виявлення ознак порушення нормальної динаміки серця останнім часом зарекомендувала себе спекл-трекінг ехокардіографія. Дані, що надає цей метод, дозволяють виявляти вади в роботі лівого шлуночка серця, що можуть бути ознаками серцевої недостатності, зокрема, ішемічної хвороби серця.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Спекл-трекінг ехокардіографія (СТЕ) — перспективний метод дослідження стану серця, що дозволяє виявляти відхилення динаміки лівого шлуночка серця як загального, так і локального порядку. Можливості цього методу і його прогностичне значення в оцінці міокарда у хворих з хронічною ішемічною хворобою серця, при гострому інфаркті міокарда, при постінфарктному кардіосклерозі розглядаються в роботах Н. К. Мурашової [7], Н. А. Кошелевої зі співавторами [8], М. Ю. Гілярова зі співавторами [9], діагностичним її аспектам у вагітних із синдромом дилатаційної кардіоміопатії присвячена робота Д. А. Дорошенко зі співавторами [10]. Дослідження і публікації на цю тему показують, що в якості джерела інформації, яке представляє різні аспекти порушення роботи серця, можливості СТЕ не вичерпні і потребують подальшого розгляду.

Мета статті — побудувати логістичні моделі на основі аналізу даних спекл-трекінг ехокардіографії (СТЕ), використавши в якості референтних ви-

сновки, зображені на сегментній моделі серця, для знаходження характерних ознак, що свідчать про порушення роботи серця в цілому або окремих його сегментів.

Виклад основного матеріалу. Як відомо з результатів численних сучасних досліджень [1; 2], серцево-судинні захворювання посідають перше місце серед причин смертності та одно з перших місць — серед причин інвалідності. Статистика по Україні свідчить, що вона, на жаль, не є виключенням з цього положення [3]. Знаходження ознак порушень роботи серця, що можуть бути виявлені за допомогою математичних методів, а отже, автоматизовані, являє собою актуальну задачу сучасного етапу розвитку медицини. Враховуючи значне поширення останнім часом серцево-судинних захворювань постає нагальна потреба якомога більш ранньої їх діагностики. В цьому напрямку перспективними можуть виявитися методи аналізу обстежень, що використовують математичний апарат та його реалізацію за допомогою різноманітних комп'ютерних технологій. Системи, побудовані за цим принципом, вже сьогодні надають значну допомогу лікарям при роботі за пацієнтами, а при достатньому подальшому розвитку та уважному відношенні до питань безпеки мають змогу стати для них незамінними помічниками. Актуальним також є розробка апаратури та алгоритмів неінвазивної діагностики ішемічної хвороби серця (ІХС), а також алгоритмів підтримки прийняття діагностичних рішень навіть із застосуванням існуючої (більш простої) апаратури ультразвукової діагностики (УЗД).

В статті розглядаються результати обробки даних, отриманих за результатами спекл-трекінг ехокардіографії (СТЕ) — методу, що сьогодні вважається в кардіології одним з перспективних [4–6], та їх аналізу, зокрема, побудовою моделей логістичної регресії [11].

Проводився аналіз ехокардіограм, що були отримані в В-режимі з проєкцій апікальних 4-камерної,

2-камерної та 3-камерної (по довгій осі) позицій, в яких відеокадри з ультразвукових датчиків було доповнено зображенням сегментів лівого шлуночка у вигляді так званого «бичачого ока» («bull's eye») (рис. 1).

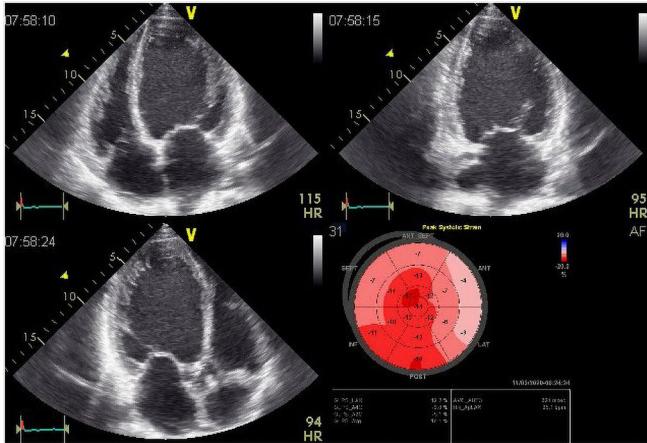


Рис. 1. Кадр з початкової відеопослідовності ехоКГ

Було проаналізовано результати 244-х обстежень 92-х пацієнтів Національного Інституту Серцево-Судинної Хірургії ім. М. М. Амосова, як у режимі спокою, так і з застосуванням добутамінової проби з дозами 10, 20 та 40 мкг під наглядом кваліфікованого анестезіолога. В 63-х дослідженнях порушень в роботі серця виявлено не було, в 181-му дослідженні були виявлені відхилення в кінематиці лівого шлуночка.

Результати ехокардіографії являли собою набір відеофрагментів, в кожному з яких був зафіксований результат одного обстеження серця або в природному стані або після застосування дози добутамінової проби. У відеоряді кожного фрагменту покадрово відображені стани міокарду та порожнини серця окремо по кожній з трьох обстежуваних проекцій в різні моменти серцевого циклу, а також частота серцевих скорочень та стан ЛШ серця по сегментам, кожний з яких відображає окремі басейни коронарного кровопостачання, у відповідності до сегментарної моделі у вигляді т.зв. «бичачого ока».

При аналізі, окрім відеоряду, використовувались дані про ступені порушень кінематики (стрейни) окремих сегментів ЛШ по відповідним проекціям, що відображені на «бичачому оці», а також значення частоти серцевих скорочень. У кожному відеофрагменті були визначені кадри систоли та діастоли, з яких знімалися, розраховувалися та аналізувалися характеристики зображень.

При підготовці даних для наступного аналізу всі дослідження одного пацієнта були розміщені у окремому каталозі, всередині якого були організовані каталоги з кадрами відеофрагментів досліджень без добутаміна або після застосування деякої її дози.

Для спрощення роботи з зображеннями відеофрагменти були перетворені і кожний кадр кож-

ного відеоряду було збережено в окремому файлі графічного формату JPEG, що при необхідності дозволяє працювати з будь-яким кадром як із звичайним файлом стандартними засобами.

Для зручної та більш результативної роботи з великою кількістю даних було розроблено комп'ютерну програму, що дозволяє автоматизувати значну частину операцій в процесі роботи з результатами ехоКГ — програма автоматично перетворює початкові відеодані, організує їх в єдину впорядковану структуру з зручним доступом, проводить попередній аналіз, знімає необхідні параметри та застосовує обробку до всіх кадрів всіх відеофрагментів одразу, тому для візуальної оцінки зображень та результатів їх обробки, аналізу та отримання значень не потрібно звертатися до кожного кадру окремо, а можна бачити результати на всьому масиві кадрів, що значно спрощує та прискорює отримання потрібних даних.

На кожному відеокадрі програма визначає та відображає інформативні області зображення кожної проекції та відповідні їм сегменти на «бичачому оці» (рис. 2), що дає можливість швидко зіставляти вигляд окремих фрагментів лівого шлуночка на зображеннях з тяжкістю стану його сегментів.

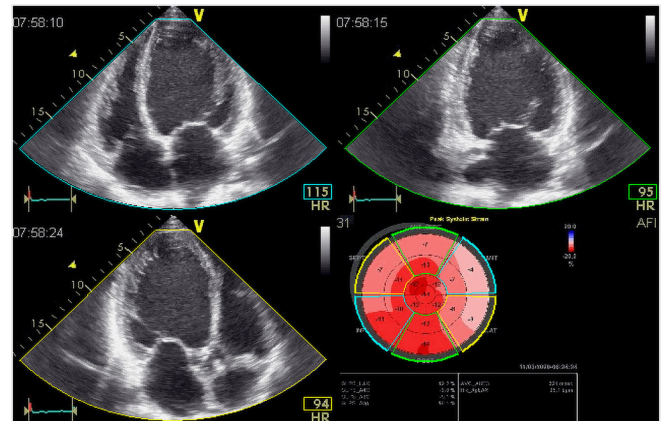


Рис. 2. Результат аналізу програмою відеокадру ехоКГ

Також програма будує гістограми зображень та розраховує такі її характеристики, як мода та три квартилі (рис. 3), за якими можна оцінити яскравісні характеристики кадра, а також графіки комбінацій яскравості (градацій сірого) сусідніх точок на інформативній області зображення ехокардіограми (рис. 4).

За допомогою програми було отримано набори даних окремо для кожної проекції, які використовувались для пошуку взаємних залежностей для чого будувалися різні моделі логістичної регресії.

Обробка та аналіз даних проводилися у три етапи, на кожному з яких розглядалися окремі набори характеристик та використовувались окремі підходи.

На першому етапі шукалися зв'язки між тяжкістю стану лівого шлуночка серця загалом та тих його фрагментів, що було зображено на кадрах від-

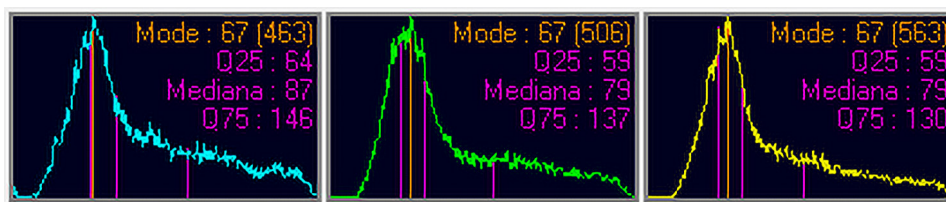


Рис. 3. Гістограми інформативних областей ехоКГ

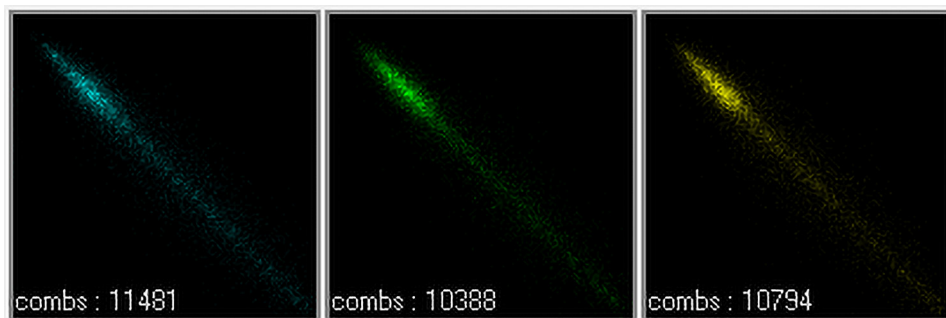


Рис. 4. Кількості комбінацій яскравостей сусідніх точок ехоКГ

повідної проекції та наступними характеристиками: доза добутамінової проби (або її відсутність), частота серцевих скорочень, фаза серцевого циклу — систола або діастола, мода та квартилі гістограми а також процент найбільш частих сполучень яскравостей сусідніх точок зображення. Всі параметри були визначені програмою автоматично за результатами аналізу робочих областей зображень. В навчальну вибірку було включено 171 дослідження (70%), в тестову — 73 (30%). Було побудовано моделі логістичної регресії, результати яких показано в табл. 1 для кожної позиції.

Оскільки робочі області зображень аналізувалися повністю, тобто включали значну частину неінформативних ділянок, можна висловити припущення, що при відкиданні частин зображення, що не містять суттєвих даних про роботу саме лівого шлуночка та зведенні областей для аналізу лише до тих його ділянок, де відображається саме динаміка роботи серця, дозволить знайти більш прогностичні зв'язки наведених характеристик.

На другому етапі, зважаючи на те, що якість різних початкових відеофрагментів ехоКГ значно відрізнялася, було проведено дослідження можли-

вості привести зображення до більш одноманітного вигляду, для чого застосовувалася обробка кадрів методами з арсеналу графічних перетворень.

Зокрема, до «блідих» фрагментів порівнювалося застосовування різних методів контрастування, як стандартного, так і масштабування гістограми для «розтягування» інформативної її ділянки на весь можливий діапазон яскравості (рис. 5).

Аналіз обробки зображень на цьому етапі показав, що даний напрямок є доволі перспективним, однак для отримання більш конкретних результатів цього підходу варіанти такої обробки потребують подальших досліджень. Зокрема, результативним може виявитися аналіз не кожного кадру окремо, а взаємного зіставлення суміжних кадрів, що може дати не тільки підвищення якості самих зображень, а також додаткову інформацію про кінематику роботи серця.

На третьому етапі у програмі були розмічені контури лівого шлуночка серця на кадрах систоли та діастоли та визначені такі його характеристики, як зміна об'єму, довжини, ширини та зміщення положення стінок в систолу та діастолу та шукалися зв'язки між ними та тяжкістю стану сегментів

Таблиця 1

	Передбачені																	
	4-камерна						2-камерна						3-камерна (довга)					
	навчання			екзамен			навчання			екзамен			навчання			екзамен		
Спостережені	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%
0	37	22	62.7	5	3	62.5	32	39	45.1	9	9	50.0	16	32	33.3	7	3	70.0
1	19	93	83.0	14	51	78.5	11	89	89.0	15	40	72.7	9	114	92.7	10	53	84.1
точність,%	76.0			76.7			70.8			67.1			76.0			82.2		
чутливість,%	80.9			94.4			69.5			81.6			78.1			94.6		
специфічність,%	66.1			26.3			74.4			37.5			64.0			41.2		

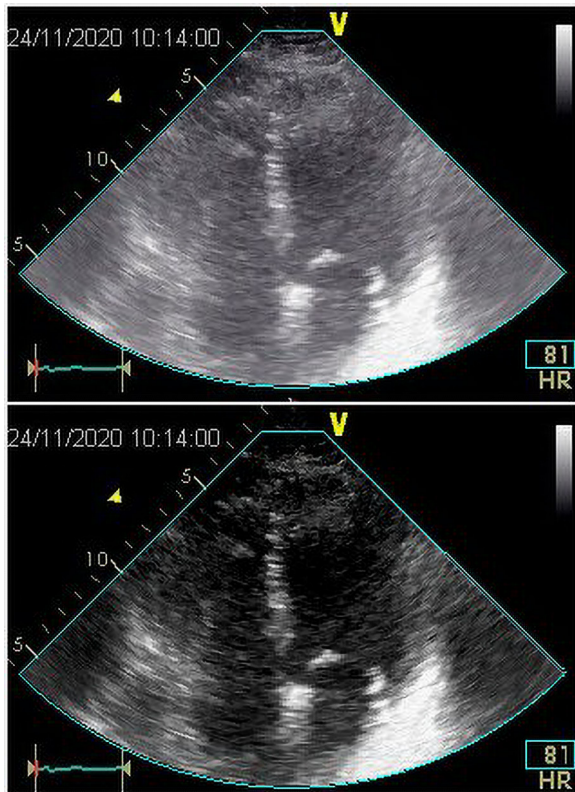


Рис. 5. Кадр ехоКГ до та після контрастування

шлуночка. Оскільки якість зображень не дозволяла автоматизувати процес визначення шлуночка на всіх відеофрагментах, його контури було розмічено вручну, а основні його характеристики були визначені програмою автоматично (рис. 6).

В навчальну вибірку було включено 129 досліджень (70%), в тестову — 56 (30%). Було побудовано моделі логістичної регресії, результати яких показано в табл. 2 для кожної позиції.

За результатами побудованих моделей можна зробити висновок, що зв'язок між вищевказаними змінами геометричних параметрів лівого шлуночка та тяжкістю станів його сегментів, відображеною на «бичачому оці» існує, але виявлений недостатньо для достовірного його прогнозування, хоча з великою ймовірністю дозволяє припустити наявність вад.

В даних моделях розглядалася інтегральна ознака стану всіх сегментів, що відображені в кож-

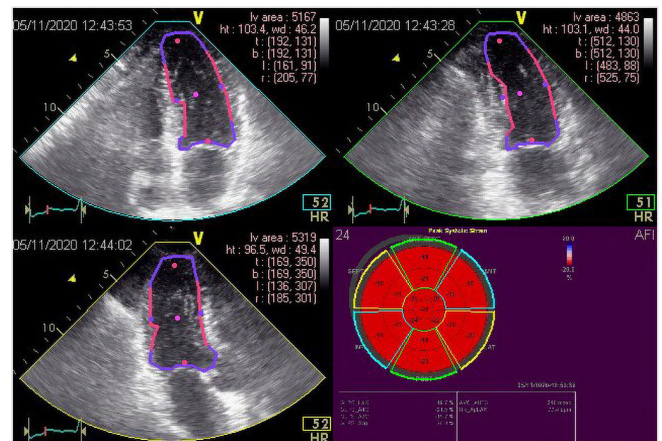


Рис. 6. Програмне визначення параметрів лівого шлуночка

ній з позицій. Оскільки кожна проекція одночасно зображає стан декількох сегментів, може мати сенс вдосконалити модель аналізом окремих областей зображення, кожна з яких відповідає конкретному сегменту. Отже, при подальшому опрацюванні цей напрямок моделювання може дати більш якісні результати.

Висновки. Застосування регресійних моделей на даних, отриманих з апарату ехокардіографії, показало прийнятну точність результатів, хоча й не дозволило побудувати достатньо надійні моделі.

Однак, з урахуванням того, що в цій роботі не всі можливості отримання корисної для моделювання інформації було вичерпано, перспективним є продовження досліджень із визначення інших характеристик зображень та застосування інших класів моделей.

Для яскравостних характеристик може бути корисним відкидання тих частин зображень, що не містять суттєвих даних про роботу саме лівого шлуночка та аналіз лише до тих його областей, де відображається саме динаміка роботи серця.

Для геометричних характеристик лівого шлуночка може мати сенс розглядання областей зображення, що відповідають конкретним сегментам, окремо одну від одної, щоб уникнути втрати інформативності, яка може відбуватися при інтегральному розгляді ознак стану всіх сегментів, як одного цілого.

Таблиця 2

	Передбачені																	
	4-камерна						2-камерна						3-камерна (довга)					
	навчання			екзамен			навчання			екзамен			навчання			екзамен		
Спостережені	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%
0	20	23	46.5	1	2	33.3	26	26	50.0	5	3	62.5	24	12	66.7	5	5	50.0
1	9	77	89.5	14	39	73.6	12	65	84.4	16	32	66,7	8	85	91.4	10	36	78.3
точність,%	75.2			75.5			70.5			66.1			84.5			73.2		
чутливість,%	77.0			95.1			71.4			91.4			87.6			87.8		
специфічність,%	68.9			06.7			68.4			23.8			75.0			33.3		

Література

1. The top 10 causes of death. World Health Organization, 2020. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Heart Disease and Stroke Statistics — 2020 Update. «Professional Heart Daily», 2020. URL: <https://professional.heart.org/en/science-news/heart-disease-and-stroke-statistics-2020-update>
3. Коваленко В. М., Дорогой А. П. Серцево-судинні хвороби: медично-соціальне значення та стратегія розвитку кардіології в Україні // Український кардіологічний журнал. 2016. Дод. 3. URL: http://journal.ukrcardio.org/wp-content/uploads/2016/03D/1_3d_2016.pdf
4. Боев С. С., Доценко Н. Я., Молодан А. В., Шехунова И. А., Дедова В. О. Диагностические аспекты спекл-трекинг эхокардиографии у больных ишемической болезнью сердца с хронической сердечной недостаточностью. ГИДУВ, 2013. Вып. № 4. URL: <https://old.giduv.com/journal/2013/4/diagnosticheskie>
5. Несукай Е. Г., Даниленко А. А. Роль спекл-трекинг эхокардиографии в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний // Артериальная гипертензия. 2018. № 2(58). URL: <https://dx.doi.org/10.22141/2224-1485.2.58.2018.131064>
6. Степанова А. И., Алехин М. Н. Возможности и ограничения спекл-трекинг стресс-эхокардиографии // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2019. Том 34. № 1. URL: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17>
7. Мурашова Н. К. Возможности speckle tracking эхокардиографии в выявлении жизнеспособного миокарда у больных с хронической ишемической болезнью сердца. URL: <http://kniga.seluk.ru/k-medsina/13498-1-vozmozhnosti-speckle-tracking-ehokardiografii-viyavlenii-zhiznesposobnogo-miokarda-bolnih-hronicheskoy-ishemicheskoy.php>
8. Кошелева Н. А., Мельдина Ю. Н., Ребров А. П. Прогностическое значение спекл-трекинг эхокардиографии при остром инфаркте миокарда. «Архив внутренней медицины». 2016. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognosticheskoe-znachenie-spekl-treking-ehokardiografii-pri-ostrom-infarkte-miokarda/viewer>
9. Гиляров М. Ю., Мурашова Н. К., Новикова Н. А., Седов В. П., Сыркин А. Л. Использование спекл-трекинг эхокардиографии для предсказания жизнеспособности миокарда у больных с постинфарктным кардиосклерозом // Издательство Видар Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2014. № 1. С. 73. URL: http://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2014_1_73
10. Дорошенко Д. А., Зубарев А. Р., Лапочкина О. Б., Конышева О. В., Тюлькина Е. Е., Принц Г. Д. Диагностические аспекты спекл-трекинг-эхокардиографии у беременных с синдромом дилатационной кардиомиопатии // Научно-практический журнал Медицинский совет № 5 (2016). URL: <https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/1340/0>
11. Практика построения модели логистической регрессии // Центр Статистического Анализа. URL: <https://www.statmethods.ru/stati/modeli-logisticheskoy-regressii/>

References

1. The top 10 causes of death. World Health Organization, 2020. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Heart Disease and Stroke Statistics — 2020 Update. «Professional Heart Daily», 2020. URL: <https://professional.heart.org/en/science-news/heart-disease-and-stroke-statistics-2020-update>
3. Kovalenko V. M., Dorogoj A. P. Sercevo-sudynni khvoroby: medychno-socialjne znachennja ta strateghija rozvytku kardiologhiji v Ukrajinі // Ukrajinjskij kardiologhichnyj zhurnal. 2016. Dod. 3. URL: http://journal.ukrcardio.org/wp-content/uploads/2016/03D/1_3d_2016.pdf
4. Boev S. S., Dotsenko N. Ya., Molodan A. V., Shekhunova I. A., Dedova V. O. Diagnosticheskie aspekty spekl-treking ekhokardiografii u bolnykh ishemicheskoy boleznyu serdtsa s khronicheskoy serdechnoy nedostatochnostyu. GIDUV, 2013. Vyp. № 4. URL: <https://old.giduv.com/journal/2013/4/diagnosticheskie>
5. Nesukay Ye. G., Danilenko A. A. Rol spekl-treking ekhokardiografii v diagnostike i lechenii serdechno-sosudistyx zabolevaniy // Arterialnaya gipertenziya. 2018. № 2(58). URL: <https://dx.doi.org/10.22141/2224-1485.2.58.2018.131064>
6. Stepanova A. I., Alekhin M. N. Vozmozhnosti i ogranicheniya spekl-treking stress-ekhokardiografii // Sibirskiy zhurnal klinicheskoy i eksperimentalnoy meditsiny. 2019. Tom 34. № 1. URL: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-1-10-17>
7. Murashova N. K. Vozmozhnosti speckle tracking ekhokardiografii v vyyavlenii zhiznesposobnogo miokarda u bolnykh s khronicheskoy ishemicheskoy boleznyu serdtsa. URL: <http://kniga.seluk.ru/k-medsina/13498-1-vozmozhnosti-speckle-tracking-ehokardiografii-viyavlenii-zhiznesposobnogo-miokarda-bolnih-hronicheskoy-ishemicheskoy.php>
8. Kosheleva N. A., Meldina Yu. N., Rebrov A. P. Prognosticheskoe znachenie spekl-treking ekhokardiografii pri ostrom infarkte miokarda. «Arkhir vnutrenney meditsiny». 2016. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognosticheskoe-znachenie-spekl-treking-ehokardiografii-pri-ostrom-infarkte-miokarda/viewer>
9. Gilyarov M. Yu., Murashova N. K., Novikova N. A., Sedov V. P., Syrkin A. L. Ispolzovanie spekl-treking ekhokardiografii dlya predskazaniya zhiznesposobnosti miokarda u bolnykh s postinfarktnym kardiosklerozom // Izdatelstvo Vidar Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika. 2014. № 1. S. 73. URL: http://vidar.ru/Article.asp?fid=USFD_2014_1_73
10. Doroshenko D. A., Zubarev A. R., Lapochkina O. B., Konyshcheva O. V., Tyulkinina Ye. Ye., Prints G. D. Diagnosticheskie aspekty spekl-treking-ekhokardiografii u beremennykh s sindromom dilatatsionnoy kardiomiopatii // Nauchno-prakticheskij zhurnal Meditsinskiy sovet № 5 (2016). URL: <https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/1340/0>
11. Praktika postroeniya modeli logisticheskoy regressii // Tsentr Statisticheskogo Analiza. URL: <https://www.statmethods.ru/stati/modeli-logisticheskoy-regressii/>

Тесленко Тетяна Миколаївна

магістр

Інституту післядипломної освіти

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Тесленко Татьяна Николаевна

магістр

Института последипломного образования

Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Teslenko Tetyana

Master of the

Institute of Postgraduate Education of the

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Науковий керівник:

Томаржевська Інна Володимирівна

доцент

Інститут післядипломної освіти

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ
КОНФЛІКТНИМИ СИТУАЦІЯМИ У ТРУДОВОМУ КОЛЕКТИВІ**

**ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
КОНФЛИКТНЫМИ СИТУАЦИЯМИ В ТРУДОВОМ КОЛЛЕКТИВЕ**

**PSYCHOLOGICAL FEATURES OF MANAGEMENT
OF CONFLICT SITUATIONS AT LABOR COLLECTIVES**

Анотація. Досліджені психологічні особливості виникнення конфліктних ситуацій у трудових колективах. Виділені ефективні методи управління конфліктними ситуаціями в колективах, що передбачають їх попередження і конструктивне вирішення.

Ключові слова: конфлікт, конфліктні ситуації, трудовий колектив, управління.

Аннотация. Исследованы психологические особенности возникновения конфликтных ситуаций в трудовых коллективах. Выделены эффективные методы управления конфликтными ситуациями в коллективах, предусматривающие их предупреждения и конструктивное решение.

Ключевые слова: конфликт, конфликтные ситуации, трудовой коллектив, управление.

Summary. The psychological features of conflict situations in labor collectives are investigated. Highlighted the effective methods of managing conflict situations in teams, providing for their prevention and constructive solution.

Key words: conflict, conflict situations, labor collective, management.

Несприятливі умови соціального середовища, до яких можна віднести нестабільність соціально-економічної ситуації в країні, значне стресове навантаження та психоемоційне напруження населення через військовий конфлікт на Сході України та пандемію Covid-19, глибоко проникають в суспільні,

міжгрупові і міжособистісні відносини, впливають на зростання напруженості і конфліктності в групах, трудових колективах.

Різні прояви загострень відносин, часте виникнення конфліктних ситуацій негативно впливають на психічний стан людей, призводять до зниження

їх працездатності, викликають нестійкі емоційні реакції, зростання агресивності і конфліктності, тривожності, що так чи інакше впливає на виникнення конфліктів між різними групами та окремими членами всередині колективів.

Конфлікти як психологічний феномен та причини їх виникнення у трудових колективах вивчаються у працях А. Анцупова, Г. Андреевої, Н. Гришиної, Л. Орбан-Лембрик, Ю. Трофімова, А. Шипілова, І. Юсупова та ін. Соціально-психологічні аспекти виникнення конфліктів у колективах на виробництві досліджували зарубіжні науковці Л. Берковіц, Р. Блейк, К. Левін, Д. Мід, Р. Фішер та інші.

Однією з важливих проблем, що забезпечують успішність та продуктивність виробничої діяльності в організації, є вміння управляти конфліктними ситуаціями та вирішувати їх. Тому, розглядаючи особливості прояву конфліктних ситуацій в трудовому колективі організації, варто звернути увагу й на вміння керівництво конфліктами. Психологічні засади діяльності управління в конфліктних ситуаціях розглядаються у працях Т. Грабар, Л. Долинської, О. Кулініч та ін.

Водночас аналіз літературних джерел (А. Анцупов, Н. Гришина, Г. Ложкін, Н. Пов'якель, А. Шипілов та ін.) свідчить про те, що проблема попередження конфліктних ситуацій у трудових колективах в останні роки набуває особливої актуальності і практичної значущості, що зумовлено меншою витратою сил і часу, можливістю запобігання негативних наслідків впливу конфліктних ситуацій на продуктивність роботи і гармонійність міжособистісних відносин працівників.

Дослідники В. Воднік, О. Гарматюк, Л. Герасіна, Л. Колісник та Т. Олішевська, М. Требін та інші зазначають, що конфлікти, які є ескалацією постійного суперництва і протистояння у сфері принципів або емоційних зіткнень, порушують особистий спокій, соціальну гармонію між людьми, та продуктивність їх спільної діяльності. А тому питання управління конфліктними ситуаціями та врегулювання конфронтації має бути спрямоване на пошук джерел виникнення суперечностей, запобігання такого впливу на перебіг конфліктних подій, щоб передбачити їх результати і нівелювати негативні наслідки. Відповідно **метою статті** є обґрунтування психологічних особливостей управління конфліктними ситуаціями у трудовому колективі.

Конфлікти як реальність сьогодення займають значну частину нашого життя, охоплюють всі сфери життєдіяльності людей, всю сукупність соціальних відносин. Конфлікт, по суті, є одним з видів соціальної взаємодії, учасниками якої виступають окремі індивіди, соціальні групи, організації. Конфліктна взаємодія передбачає протистояння сторін, тобто дії, спрямовані один проти одного.

Конфлікт (від лат. *conflictus*) — зіткнення протилежно спрямованих, несумісних один з одним

тенденцій в усвідомленні окремо взятого індивіда, в міжособистісних взаємодіях або міжособистісних стосунках індивідів чи груп людей, пов'язане з гострими негативними емоційними переживаннями (А. Анцупов [2], Н. Гришина [7] та ін.).

На думку Л. Орбан-Лембрик, «структурно до конфлікту відносяться: учасники конфлікту (опоненти, суперники), позиція сторін (внутрішня і зовнішня), конфліктна ситуація, інцидент (дія, спрямована на створення конфлікту), об'єкт конфлікту (об'єктивна причина, через яку суперники вступають в боротьбу), предмет конфлікту (внутрішня причина, яку мають конфліктуючі сторони), розвиток і розв'язання конфлікту» [10, с. 56].

За визначенням Н. Гришиної, «конфліктна ситуація визначається як така, що становить перешкоду для досягнення поставленої мети хоча б одного з учасників взаємодії. Конфліктна ситуація обов'язково передбачає суперечливі позиції сторін із будь-якого приводу, прагнення до протилежних цілей, використання різних засобів для їх досягнення, розбіжність інтересів, бажань» [7, с. 26].

Психологи М. Корнєв і А. Коваленко, розглядаючи феноменальність конфліктної ситуації, вказують на її основні ознаки: 1) наявність протиріччя (реального чи вигаданого), що оцінюється як непереборне і набуває відкритої, демонстративної форми; 2) зміна характеру спілкування в напрямі конфронтації, негативної спрямованості сторін. Відчуваючи взаємну неприязнь і небажання спілкуватись, опоненти вимушені це робити, що стимулює виникнення конфліктної ситуації; 3) активність сторін, прагнення до «перемоги будь-що», поступове розширення арсеналу використовуваних засобів — осуд, залякування-шантаж, погрози, фізичний вплив та ін.; 4) підвищений емоційний фон, загострення негативних емоцій аж до їх повної безконтрольності [9, с. 77].

За ствердженням Н. Гришиної, існують різні стадії, етапи розвитку відносин в конфліктній ситуації: 1) визначення, усвідомлення учасниками ситуації як конфліктної. Часто достатньо, щоб усвідомлення було у одного з учасників взаємодії. Розуміння, що назріла конфліктна ситуація, вимагає мобілізації наявних у розпорядженні сил, щоб або домогтися бажаної мети, або забезпечити максимально можливий захист, якщо мова йде про пасивного учасника взаємодії. При цьому, як засвідчує Н. Гришина [7], сприйняття ситуації як конфліктної супроводжується рядом емоційних переживань: підвищена тривожність, що переходить в страх, бажання опиратися, ворожі почуття, упередженість. Ці переживання неминуче впливають на поведінку людини, що не залишається непоміченою іншим учасником взаємодії, і той починає теж сприймати ситуацію як конфліктну. Відбувається вибір поведінки в конфлікті обома учасниками;

- 2) вибір стратегії, яка структурує хід взаємодії в конфліктній ситуації. У цій фазі взаємодії кожен з учасників намічає певну лінію поведінки, яка дещо пізніше оформляється як загальна стратегія. Саме на цьому етапі хтось із учасників може прийняти рішення про вихід із системи відносин, і таким чином, конфліктна ситуація буде елімінована за рахунок розпаду системи;
- 3) вибір дій в рамках загальної стратегії взаємодії. Стратегія обрана, є негласні правила, які направляють взаємодію в певне русло, на цій фазі починається зіткнення стратегій і тактик індивідуальної поведінки опонентів [7, с. 27].

За Л. Березовською, розуміючи конфліктну ситуацію як таку, що потребує негайного вирішення суперечностей, опоненти можуть дотримуватися різних ліній поведінки:

- 1) ескалація конфлікту, домагання своїх інтересів, перехід суперечки в емоційне русло (опоненти схильні до агресивної поведінки відстоювання тільки своїх інтересів, не зацікавлені у вирішенні конфлікту мирним шляхом, не хочуть поступитися своїми цілями);
- 2) втеча від конфліктної ситуації (усвідомивши ситуацію як конфліктну, оцінивши її можливі результати, один з опонентів може прийняти рішення про вихід із системи стосунків, що склалася);
- 3) переговори або «торг», пошуки компромісів [3, с. 35].

М. Пірен уточнює, що мета переговорів у ході конфліктної ситуації полягає в пошуку компромісів, коли одна чи обидві сторони вдаються до взаємних поступок. «За таких обставин кожна із сторін отримує не все, чого прагне, а той мінімум, який може її задовольнити». Стратегія переговорів, компромісу ефективна, коли обидві сторони, не виявляючи наміру загострювати взаємини, оцінюють свої ресурси як приблизно рівні, а конфлікт із ділового ще не переріс в емоційний [11, с. 25].

Аналізуючи поведінку опонентів у конфліктній ситуації, О. Величко і Т. Янковська зауважують, що «кожна зі сторін розцінює власні ресурси як значні і вважає, що є резерв їх посилення. Для того, аби досягти максимуму бажаного, розробляються і пропонуються певні форми дій: демонстрація посилення власних ресурсів; вичікування, збереження попереднього стану; ризик; примус» [4, с. 26].

Причин виникнення конфліктних ситуацій в організації безліч, типовою є класифікація з їх розподілу на об'єктивні та суб'єктивні, причому в обох випадках вони негативно впливають як на стосунки в офіційній та неофіційній сферах (що впливає на відносини керівництва і підлеглих, колег на виробництві), так і на психологічний стан окремого працівника. Конфліктна ситуація може викликатись кількома причинами, одна з яких — основна, базова, а інші можуть не усвідомлюватись чи маскуватись. Під час конфлікту інколи виникають нові причини,

які стають домінуючими або ж повністю замінюють первісні [6].

Основними об'єктивними причинами виникнення конфліктних ситуацій в організації є: обмеженість загальних ресурсів; взаємозалежність завдань, однак розходження цілей опонентів з метою організації; відмінності в уявлених цінностях працівників, в манері поведінки опонентів, їх рівні освіти; труднощі організаційної комунікації, порушення комунікаційних каналів зв'язку між керівництвом і підлеглими; незбалансованість робочих місць; недостатня мотивація працівників тощо.

До суб'єктивних, соціально-психологічних чинників виникнення конфліктних ситуацій Л. Орбан-Лембрик відносить: ціннісні чинники (принципи, особистісні системи переконань, вірувань); особливості стосунків, пов'язаних з почуттям задоволення від взаємодії чи його відсутністю; поведінкові чинники (ущемлення інтересів, підривання самооцінки, егоїзм, безвідповідальність); незнання тих чи інших характерологічних, психологічних властивостей іншої особи; неправильне тлумачення думок, вчинків опонента; недотримання загальноприйнятих моральних норм, переоцінка власних можливостей і недооцінка можливостей інших [10, с. 80].

При цьому виникнення конфліктної ситуації, її гострота, схильність до розвитку чи, навпаки, до згасання, залежить від особистих якостей людей, які беруть участь у ситуації. Як зазначає Н. Гришина, нині психологія конфліктів загострює увагу на аналізі міжособистісних та внутрішньоособистісних суперечностей і на питаннях практичного та прикладного характеру, пов'язаних як з дослідженням психологічних передумов виникнення та ескалації конфліктів, так і з пошуком психологічних засобів регуляції та вирішення конфліктів [7, с. 22].

Опираючись на погляди О. Величко і Т. Янковської [4], І. Вовк і О. Вовк [5], можемо зробити висновок, що будь-які конфліктні ситуації в трудових колективах можуть відігравати як конструктивні, так і деструктивні функції. Серед конструктивних функцій конфліктних ситуацій у трудовому колективі виділяються: усунення протиріччя у функціонуванні колективу; більш, глибоке пізнання учасниками конфлікту один одного; ослаблення психічної напруженості; сприяння розвитку особистості; поліпшення якості діяльності; підвищення авторитету учасника у разі його перемоги. Негативний вплив конфліктних ситуацій у трудових колективах полягає в тому, що вони: значно погіршують настрій працівників; приводить до приниження гідності співробітників; руйнують міжособистісні стосунки, викликають напруження і стреси, призводять до неврозів і хвороб; можуть погіршувати якість індивідуальної діяльності працівників; сприяють закріпленню соціальної пасивності особистості (не здатності відстоювати власну думку, доводити свою кваліфікацію у суперечці з керівництвом) [4; 5].

Саме тому актуальним питанням психологічної науки є пошук ефективних шляхів і методів управління конфліктними ситуаціями в трудовому колективі, щоб запобігти їх негативному впливу на міжособистісні відносини працівників та зниженню продуктивності їх виробничої діяльності. За визначенням Л. Долинської, «управління конфліктом — це цілеспрямований вплив на процес конфлікту, що забезпечує вирішення соціально значущих завдань; це усвідомлений вплив на конфліктну поведінку соціальних суб'єктів з метою досягнення бажаних результатів і обмеження протидії межами конструктивного впливу на суспільний процес [8, с. 45].

При цьому провідну роль у розв'язанні конфліктів у колективі та налагодженні простору співпраці й взаємопідтримки відіграє керівник. Важливим напрямом у роботі керівника з трудовим колективом у напрямку попередження конфліктних ситуацій є прогнозування ймовірності їх виникнення. А. Анцупов та А. Шипілов зазначають, що «завчасне виявлення соціальних суперечностей, які можуть призвести до конфліктних ситуацій, здійснюється за допомогою прогнозування, що полягає в обґрунтованому передбаченні їхнього можливого виникнення або розвитку в майбутньому» [2, с. 65]. На думку А. Анцупова та А. Шипілова [2], Л. Долинської [8], «існує чотири напрями, за якими керівнику трудового колективу потрібно проводити роботу з попередження конфліктних ситуацій на виробництві: створення об'єктивних умов, які перешкоджають виникненню та деструктивному розвитку передконфліктних ситуацій; оптимізація організаційно-управлінських умов створення та функціонування організацій; усунення соціально-психологічних чинників виникнення конфліктних ситуацій; блокування особистісних чинників виникнення конфліктних ситуацій у трудовому колективі» [2; 8].

Керівник, управляючи розвитком конфліктної ситуації в трудовому колективі, на думку Л. Агеєвої [1], може застосовувати такі методи його попередження за рахунок коригування думок, почуттів і настроїв людей:

- 1) «метод згоди» припускає проведення заходів, спрямованих на залучення потенційних опонентів у загальну справу, в ході здійснення якої у них з'являється широке поле спільних інтересів, де вони краще пізнають один одного, звикають співпрацювати та позитивно вирішувати виникаючі проблеми.
- 2) «метод доброзичливості» розкриває можливості працівників до прояву співпереживання і співчуття іншим людям, до розуміння їх внутрішніх станів та передбачає вияв необхідної підтримки і співчуття партнеру, готовності надати йому допомогу. Цей метод вимагає виключення із взаємин невмотивованої ворожості, агресивності, неввічливості [1, с. 78].
- 3) «метод збереження репутації партнера» передбачає демонстрацію поваги до його гідності. Ви-

знання достоїнства і авторитету співрозмовника стимулює відповідне ставлення партнера до гідності й авторитет опонента.

- 4) «метод взаємного доповнення» припускає опору на кращі здібності партнера, якими не володіє їх співрозмовник. За ствердженням Л. Агеєвої, «метод взаємного доповнення особливо важливий при формуванні робочих груп, які в цьому випадку часто виявляються досить міцними. Врахування і вмиле використання не тільки здібностей, але і недоліків людей, які тісно пов'язані один з одним, також може призвести до попередження конфлікту» [1, с. 78].
- 5) «метод недопущення дискримінації людей» вимагає виключення зверхності одного співрозмовника над іншим, а ще краще — і виділення будь-яких відмінностей між ними.
- 6) «метод психологічного погладження» спрямовується на заохочення працівників на якісне виконання поставлених виробничих завдань. Настрої людей, їхні почуття регулюються керівником колективу за допомогою певної позитивної стимуляції, умовного підкріплення. Ефективним вважається створення сприятливого психологічного клімату в організації, проведення різних форм спільного відпочинку членів колективу — корпоративних заходів, святкування ювілеїв. «Ці та подібні їм заходи знімають психологічну напругу, сприяють емоційній розрядці, викликають позитивні почуття взаємної симпатії і таким шляхом створюють позитивну морально-психологічну атмосферу в організації та попереджають виникнення конфліктів» [1, с. 78–79].

Досить важливою стратегією поведінки керівників при вирішенні конфліктних ситуацій є займання правильної позиції, дотримання такої стратегії поведінки, що приведе до ефективного результату, яким будуть задоволені обидві сторони.

За ствердженням дослідниць О. Величко і Т. Янковської [4], І. Вовк і О. Вовк [5], основними методами управління конфліктними ситуаціями через їх розв'язання у трудовому колективі є структурні і міжособистісні. Міжособистісні методи управління конфліктними ситуаціями залежать від особистості керівника, який повинен вмиле визначати особливість кожної конфліктної ситуації та швидко реагувати та змінювати енергію її учасників в мирне русло. Серед міжособистісних методів розв'язання конфліктів поширеними є: суперництво (конкуренція), пристосування, уникання (ухиляння), компроміс, співробітництво (співпраця) (найефективніша стратегія поведінки учасників конфлікту, що полягає в орієнтації на спільне задоволення інтересів обох сторін) [4; 5].

Н. Гришина, описуючи стратегії реагування керівника на конфліктну ситуацію в трудовому колективі, користується такими термінами: 1) уникання (відхід) від конфліктної взаємодії інтерпретується

як уникання, ігнорування конфлікту; 2) «боротьба» з партнером або із собою — спроба пригнітити конфлікт; 3) діалог — поєднує стратегії пошуку подолання конфлікту за допомогою оптимальної альтернативи його розв'язання, інтеграції протилежних позицій або досягнення компромісу між ними [7, с. 49–50].

Структурні методи управлінського впливу на конфліктні ситуації потребують зусиль з виправлення проблем, що виникли через неправильний розподіл повноважень, існуючу організацію праці, прийнятну систему стимулювання [5, с. 44]. За даними О. Величко, Т. Янковської, структурними способами управління конфліктними ситуаціями є: роз'яснення вимог до праці, використання координаційних та інтеграційних механізмів, встановлення загальноорганізаційних координаційних цілей, використання системи винагород [4, с. 77].

Зауважимо, що найкращий підхід управління конфліктами у професійному середовищі визначається конкретною ситуацією та особистісними особливостями учасників конфлікту.

Отже, конфліктна ситуація є структурною частиною конфлікту, який розуміється як біполярне явище — протистояння двох начал, виявляється в активності сторін, спрямованої на подолання протиріччя. Конфліктною називається ситуація, що становить перешкоду для досягнення поставленої мети хоча б одного з учасників взаємодії. Конфліктна ситуація передбачає суперечливі позиції сторін, прагнення до протилежних цілей, використання різних засобів для їх досягнення, розбіжність інтересів, бажань. Розуміючи конфліктну ситуацію як таку, що потребує негайного вирішення супереч-

ностей, опоненти можуть дотримуватися різних ліній поведінки: ескалація конфлікту, втеча від конфліктної ситуації, переговори або «торг», пошуки компромісів.

При цьому управління конфліктними ситуаціями в трудовому колективі полягає у тому, щоб запобігти деструктивним конфліктам і сприяти адекватному розв'язанню конструктивних. Ефективне управління конфліктними ситуаціями передбачає прогнозування та попередження їх виникнення. Основними методами управління конфліктними ситуаціями є структурні та міжособистісні. До міжособистісних методів управління конфліктними ситуаціями відносяться стратегії поведінки керівника, обумовлені його особистісними характеристиками, що впливають на вибір ним стратегії суперництва, уникання компромісу чи співпраці. Структурними методами управління конфліктними ситуаціями є: роз'яснення вимог до праці, використання координаційних та інтеграційних механізмів, встановлення загальноорганізаційних координаційних цілей, використання системи винагород.

Також ефективним в управлінні конфліктними ситуаціями у трудовому колективі є використання керівником методів його попередження за рахунок коригування думок, почуттів і настроїв людей: метод «згоди», доброзичливості, метод збереження репутації партнера, взаємного доповнення, недопущення дискримінації, психологічного погладжування. Крім того, профілактика виникнення конфліктних ситуацій передбачає створення сприятливого клімату в трудовому колективі, забезпечення належних умов праці для кожного співробітника, підтримання професійного та особистісного розвитку фахівців.

Література

1. Агеева Л. Г. Конфликтология: учебное пособие / Л. Г. Агеева. М., 2010. 200 с.
2. Анцупов А. Я., Конфликтология: учеб. для вузов / А. Я. Анцупов, А. И. Шипилов. СПб.: Питер, 2007. 496 с.
3. Березовська Л. І. Профілактика конфліктів у вищому навчальному закладі / Л. І. Березовська // Вісник Національного університету оборони України. 2015. № 2 (45). С. 34–40.
4. Величко О. Управління конфліктами та стресом. Посібник для працівників апарату суду / О. Величко., Т. Янковська. К., 2010. 192 с.
5. Вовк І., Вовк Ю. Управління інноваційними конфліктами. Соціально-економічні проблеми і держава. 2010. Вип. 1 (3). С. 39–50.
6. Войлісовська В. Конфлікт та його причини [Електронний ресурс] / В. Войлісовська // Держслужбовець. 2016. № 9. URL: <https://i.factor.ua/ukr/journals/ds/2016/september/issue-9/article-21398.html>.
7. Гришина Н. В. Психология конфликта / Н. В. Гришина. СПб.: Питер, 2005. 464 с.
8. Долинська Л. В., Психология конфликта: навч. пос. Л. В. Долинська, Л. П. Матяш-Заяц. К.: Каравела, 2010. 304 с.
9. Корнев М. Н., Соціальна психологія / М. Н. Корнев, А. Б. Коваленко. К., 2006. 400 с.
10. Орбан-Лембрик Л. Е. Соціальна психологія: підручник: У 2 кн. Кн.: 1: Соціальна психологія особистості і спілкування / Л. Е. Орбан-Лембрик. К.: Либідь, 2004. 576 с.
11. Пірен М. І. Деонтологія конфліктів та управління. Навч.-практ. посібник / М. І. Пірен. К.: УАДУ, 2001. 377 с.

Rohovyi Denys*Student of the**Taras Shevchenko National University of Kyiv***Pogorilyy Sergiy***Doctor of Technical Sciences, Professor**Taras Shevchenko National University of Kyiv*

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7174

TELEGRAM CHATBOT AS AN ADDITIONAL TOOL FOR LINUX AND UNIX SYSTEMS ADMINISTRATION

Summary. Chatbot Telegram for managing Linux and Unix systems was created. This tool should help system administrators to manage Linux and Unix systems from any device that has access to Telegram messenger and the Internet.

Key words: chatbot Telegram, Python programming language, Linux OS, Unix OS, system administration.

Introduction. Over the last few years, chatbots became extremely popular. Now, chatbots are not just entertainment for users, but it is an important tool for interaction between users and business representatives. For example, online stores use chatbots to promote and advertise their products, banks to make transactions, transport companies to sell tickets, courier services to notify about the delivery status, Internet providers to provide technical support for users, etc [1]. Chatbots can not only answer users' questions, but also they can do a lot of other things [2]. The only limitation is the developer's imagination. In this article chatbot which can control Linux and Unix based operating systems will be described. This chatbot is not a replacement for existing tools and applications for monitoring and controlling of Linux and Unix systems. It is an additional tool that is designed for administration of Linux and Unix systems.

Chatbots' comparison

There is a wide variety of messengers in the world. Facebook Messenger, Viber, Telegram, Snapchat, and WhatsApp messengers are among the most popular messengers in the world. Snapchat still does not have an API for chatbots [3]. Therefore, it is not possible to create a chatbot in Snapchat messenger. To create a chatbot in WhatsApp messenger with WhatsApp Business API developer needs to complete business verification (developer's identity and business will be verified) [4]. During the verification process developer needs to upload a government ID and enter business details. Target chatbot for Linux and Unix

systems administration can be used for both personal and business needs, hence WhatsApp messenger is not suitable for the target chatbot.

Among the remaining messengers, Telegram messenger was chosen. All selected messengers have their own pros and cons. Chatbot for administration of Linux and Unix systems should satisfy two requirements:

- be able to validate user's email and phone number;
- be able to work from a private IPv4 address.

All these requirements are satisfied only by chatbots Telegram (see Table 1).

Chatbots Telegram has more powerful and flexible method for users' authentication than other chatbots. This method is called Telegram Passport [9] and it allows to check user's phone number and email. Also, this method allows to receive encrypted documents from users, but this functionality is not used in the created chatbot. Moreover, chatbots Telegram support a long pooling method for receiving new messages from the users [7]. Thus, they can work using a private IPv4 address, without a SSL certificate and be situated behind the NAT. The facts listed above make it clear that Telegram chatbots are better suited for the task of Linux and Unix systems administration.

Created chatbot Telegram

Chatbot Telegram was created using Python programming language 3.6, Telegram Bot API 5.1 [7], pyTelegramBotAPI library 3.7.7 [8], SQLAlchemy ORM, and MySQL Database. Chatbot Telegram scheme is shown on Figure 1:

Table 1

Comparison of chatbots

Comparison criterion	Chatbots Telegram	Chatbots Viber	Chatbot Facebook Messenger
Support of long pooling method	✓	–	–
Support of Webhooks method	✓	✓	✓
A mechanism for obtaining verified user's phone number is URL	✓	✓	✓
A mechanism for obtaining verified user's e-mail is URL	✓	–	✓

Sources: [5; 6; 7]

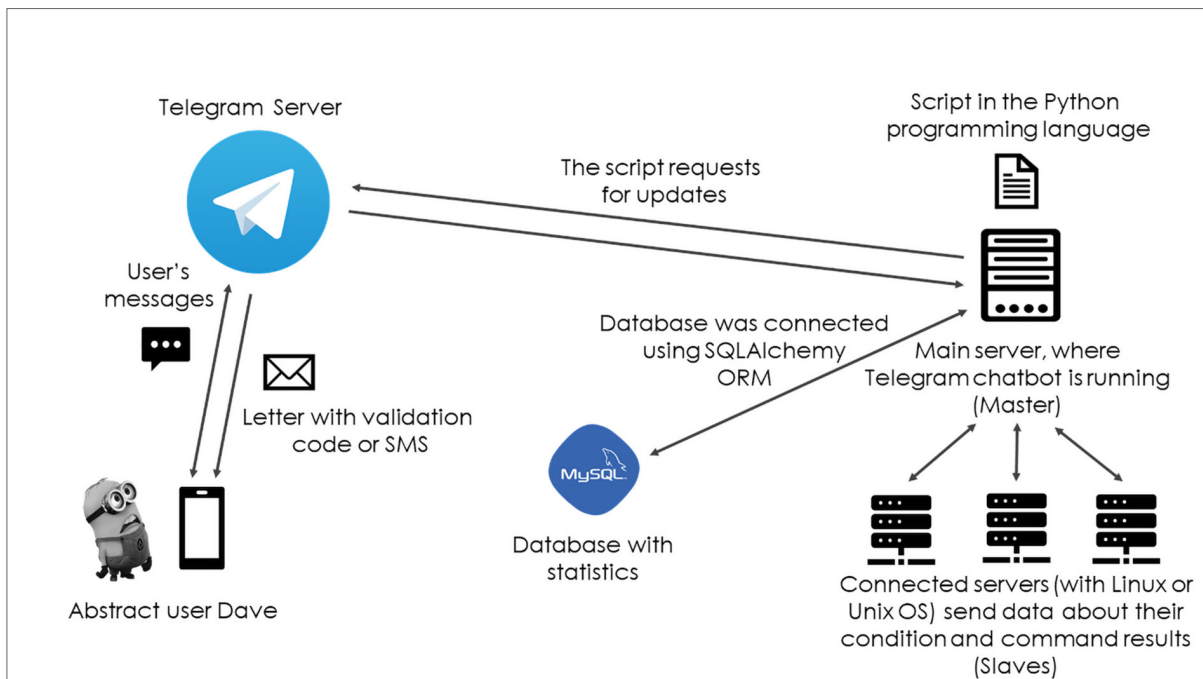


Fig. 1. The scheme of the Telegram chatbot

The logic of chatbot can be divided into 4 parts:

- Getting updates from Telegram server and sending answers to users' messages;
- Collecting statistics about using Telegram chatbot and servers downtimes into MySQL database using SQLAlchemy ORM;
- Interaction with connected servers (executing users' commands and collecting statistics);
- Managing the master server (executing users' commands).

Created Telegram chatbot can be run in two modes:

- Standalone mode (in this mode chatbot manages only the master server and does not have any connected servers);
- Client-server mode (in this mode master server manages slave server or servers).

The Object-Relational Mapping approach allows to easily switch from one object-relational database system to another (for example, SQLAlchemy supports: PostgreSQL, MS SQL, MariaDB, SQLite, etc). Python programming language allows to run created chatbot

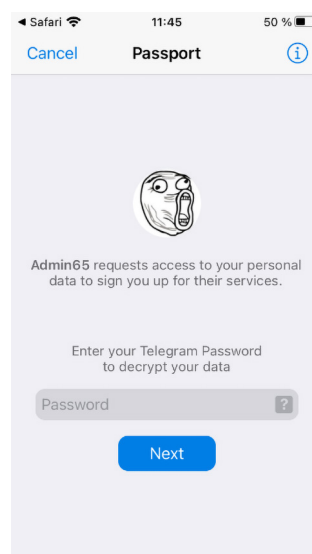


Fig. 2. User is opening Telegram Passport

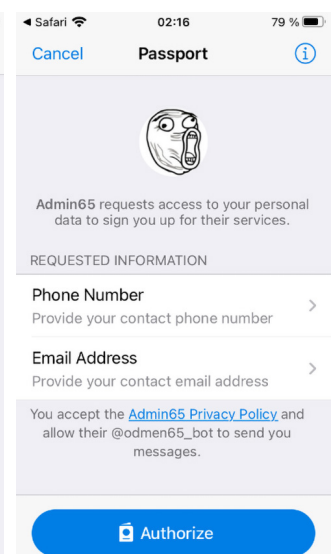


Fig. 3. Telegram is requesting user's phone number and email

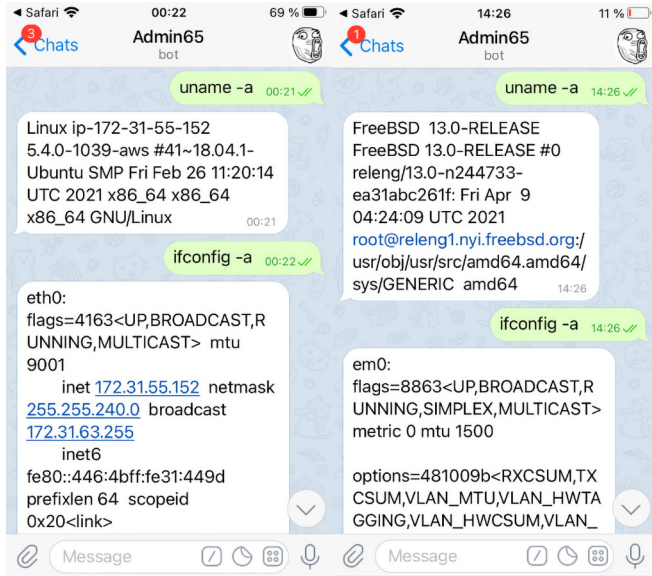


Fig. 4. Executing commands in console mode on the Ubuntu OS

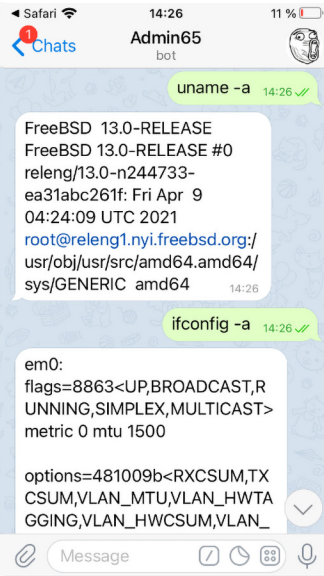


Fig. 5. Executing commands in console mode on the FreeBSD OS

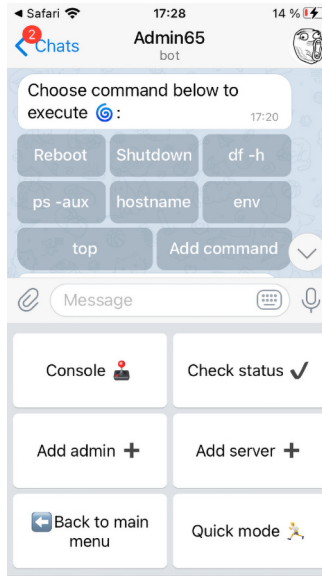


Fig. 6. Quick mode commands and user's account menu

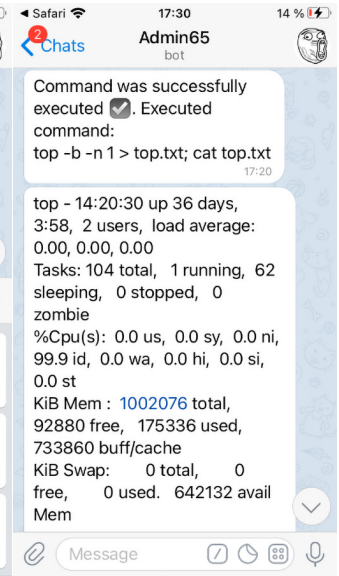


Fig. 7. Result of executed command "top"

on Linux and Unix systems. The only requirement is that Python interpreter 3.6 must be pre-installed on the target system.

To authenticate in the personal account user must verify his or her phone number and email address with Telegram Passport [10].

After user was successfully authenticated in the personal account, he or she can add another administrator or slave server, check servers' status, and execute different commands. User can execute commands using two modes:

- Console mode (user enters commands in input field);
- Quick mode (user chooses command from the list of pre-defined commands).

Quick mode allows user to add up to 10 pre-defined commands and then use them multiple times. By default, user has 7 pre-defined commands. These commands can be modified or deleted by user.

The maximum message length in Telegram messenger is 4096 characters. Thus, if the length of command's result is more than 4096 symbols, the answer from the chatbot will be divided into several messages.

To add a slave server to chatbot user should enter generated token in client.py file, register client.py file as a service, and run this service on the slave server. After, successful connection slave server to master server user will receive a notification message and will be able to control slave server.

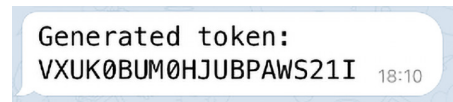


Fig. 8. Example of generated token

In addition, chatbot monitors state of slave servers. If slave server will become unURL user will receive an appropriate message.

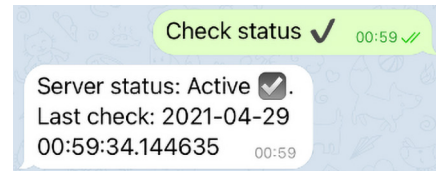


Fig. 9. Checking server's status

Conclusion. Chatbot Telegram for controlling Linux and Unix systems was created. Created chatbot was tested on Ubuntu 18.04 and FreeBSD 13.0 OS. This chatbot should help system administrators and technical personal to administrate Linux and Unix systems. Analysis of chatbots showed that for this task Telegram chatbots suit better than other chatbots. Only Telegram chatbots have such powerful and flexible authentication tool as Telegram Passport and can be run behind the NAT [7]. This chatbot is not a substitution for existing monitoring and remote control tools. This chatbot should be used as an additional tool.

References

1. “Самые полезные боты Telegram для украинских пользователей”, 2016. [Online]. URL: <https://itc.ua/articles/samyie-poleznyie-botyi-telegram-dlya-ukrainskih-polzovateley/>. Accessed on: April 23, 2021.
2. “What are Chatbots and Why are They Becoming so Popular?”, 2021. [Online]. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>. Accessed on: April 23, 2021.
3. “Grow and Monetize Your Products With Snapchat’s Best Features”, 2021. [Online]. URL: <https://kit.snapchat.com/>. Accessed on: April 24, 2021.
4. “WhatsApp Business API”, 2021. [Online]. URL: <https://developers.facebook.com/docs/whatsapp/>. Accessed on: April 24, 2021.
5. “Viber API Documentation”, 2021. [Online]. URL: <https://developers.viber.com/docs>. Accessed on: April 24, 2021.
6. “Messenger Platform”, 2021. [Online]. URL: <https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform>. Accessed on: April 24, 2021.
7. “Telegram Bot API”, 2021. [Online]. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>. Accessed on: April 26, 2021.
8. “pyTelegramBotAPI”, 2021. [Online]. URL: <https://github.com/eternnoir/pyTelegramBotAPI>. Accessed on: April 26, 2021.
9. “Telegram Passport Manual”, 2021. [Online]. URL: <https://core.telegram.org/passport>. Accessed on: April 27, 2021.
10. “Telegram Passport JavaScript SDK”, 2021. [Online]. URL: <https://core.telegram.org/passport/sdk-javascript>. Accessed on: April 27, 2021.

Бондаренко Нікіта Володимирович

студент

Національного технічного університету України

«Київський національний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бондаренко Никита Владимирович

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Bondarenko Nikita

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Іванішин Іван Володимирович

студент

Національного технічного університету України

«Київський національний інститут імені Ігоря Сікорського»

Иванишин Иван Владимирович

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Ivanishyn Ivan

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7128

МЕТОДИ КОНВЕРТАЦІЇ ДОКУМЕНТІВ ФОРМАТІВ PDF ТА DOC

МЕТОДЫ КОНВЕРТАЦИИ ДОКУМЕНТОВ ФОРМАТОВ PDF И DOC

CONVERSION METHODS OF PDF AND DOC DOCUMENTS

Анотація. У роботі розглянуто та проаналізовано найпопулярніші формати документів DOC, DOCX та PDF. А також способи їх конвертації для подальшої роботи з ними.

Ключові слова: DOC, DOCX, PDF, конвертація документів.

Аннотация. В работе рассмотрены и проанализированы самые популярные форматы документов DOC, DOCX и PDF. А также способы их конвертации для дальнейшей работы с ними.

Ключевые слова: DOC, DOCX, PDF, конвертация документов.

Summary. This paper discusses and analyzes the most popular document formats DOC, DOCX and PDF. As well as methods of their conversion for further work on them.

Key words: DOC, DOCX, PDF, file conversion.

Вступ. В сучасному світі документи грають важливу роль як спосіб обміну інформацією. За значенням, документ — це об'єкт, що містить певні дані або інформацію, що можна зберігати або поширювати. Фактично, документ є записом для будь-яких видів транзакцій або комунікацій між двома або більше організаціями або особами. Для будь-якої сучасної компанії у світі, створення і зберігання електронної документації є основою її функціонування.

Кожна комп'ютерне обладнання розробляється за певними стандартами, що мають свої вимоги до даних, якими система оперує. Так само кожен стандарт документу сприяє формуванню особливої структури, що має свої переваги та недоліки щодо опрацювання, збереження та перегляду інформації. Звісно ж, єдиного золотого стандарту не існує: різні дії над даними потребують різних форматів документів. Гнучкість у роботі з інформацією, у такому разі, досягається завдяки конвертації документу у інші формати.

Стандарт DOC. Формат файлу DOC — це сукупність записів та структур, які визначають текст, таблиці, поля, зображення, вбудовану розмітку XML та інший вміст документа. Вміст можна друкувати на сторінках різного розміру або відображати на різних пристроях [1].

Формат DOC почав використовуватись компанією Microsoft Word ще 35 років тому у першій версії Word для операційної системи MS-DOS. Очевидно, що це було власне розширення для управління документами Microsoft. Єдиною програмою, яка офіційно підтримувала файли DOC, була саме Word.

У 1990-х — на початку 2000-х років з файлами DOC могли працювати вже декілька файлів-конкуренців, хоча не всі формати та налаштування Word були повністю сумісні з іншими текстовими процесорами. Починаючи з 2008 року чимало постачальників інтегрували формат DOC у безкоштовні та платні програми для обробки текстових документів.

Посилення конкуренції з боку вільного відкритого коду та його конкурентного формату відкритого документа (Open Document Format), сприяло створенню компанією Microsoft ще більш відкритого стандарту наприкінці 2000-х рр. Це призвело до розвитку нового формату файлів — DOCX. Оскільки формат базувався не на менш ефективному старому двійковому форматі, як це було раніше, а на розширеній мові розмітки, новий стандарт отримав назву «Office Open XML». Ця мова принесла з собою низьку переваг, зокрема зменшились розміри файлів, зменшився ризик пошкодження та краща якість стислих зображень. Завдяки відкритості стандарту Office Open XML, практично кожний текстовий процесор може читати файли формату DOCX.

Стандарт PDF. PDF використовується для відображення електронних документів незалежно від платформи, обладнання або операційної системи, на якій він переглядається. PDF формат на сьогодні — є

найбільш вживаним форматом документу у мережі Інтернет. Його перша версія, 1.0, була опублікована у 1993 році компанією Adobe Systems Incorporated. З тих пір PDF став широко використовуваним стандартом для збору та обміну відформатованими документами в електронному вигляді через Інтернет, електронною поштою та майже будь-яким засобом обміну документами. У 2008 році PDF 1.7 набув вигляд ISO стандарту (ISO 32000-1:2008) [2, с. 3].

PDF може містити не тільки текст, а й зображення, елементи мультимедії, гіперпосилання тощо. Базова структура PDF зображена на рис. 1. [3, с. 39].

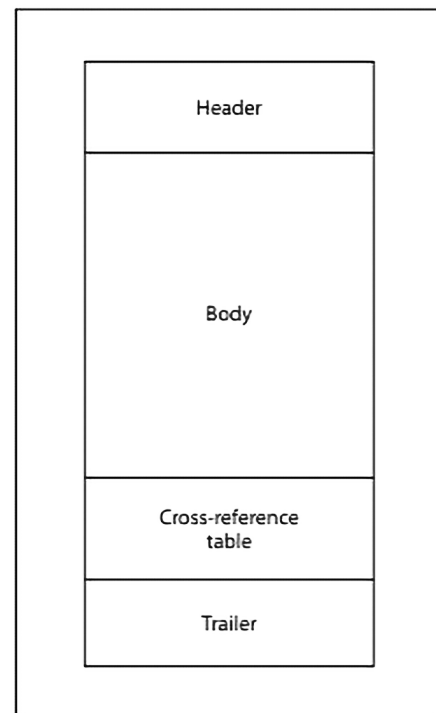


Рис. 1. Базова структура PDF

Елемент «header» містить в собі метадані файлу: версію стандарту PDF та іншу інформацію для програми, що буде відображати цей файл.

Елемент «body» — основна частина документу, що вміщає у себе текст, зображення, гіперпосилання та інші елементи мультимедії. Цей елемент використовується для зберігання усієї інформації, що буде відображена для користувача.

Елемент «xref table» зберігає посилання на усі об'єкти у документі. Її основна ціль — надання довільного доступу до об'єктів у файлі, завдяки цьому програмі не потрібно прочитувати увесь файл, щоб знайти окремий об'єкт.

Елемент «trailer» надає програмі, що читає документ, інструкції по тому, як знайти таблицю посилань та деякі особливі об'єкти у документі. Усі програми PDF-reader повинні починати читання файлу саме з цього елемента [3, с. 3, 9–43].

Мультиплатформеність документу формату PDF досягається завдяки абсолютному позиціонуван-

ню кожного об'єкта (тексту, зображення тощо) на сторінці. Кожна сторінка таким чином є абсолютно незалежною. На відміну від DOC, де зміст абзаців та таблиць автоматично змінює форму, аби заповнювати вільний простір або обтікати навколо різних форм. Позиція кожного елемента є не абсолютною, а відносною щодо інших елементів, полів або абзаців.

Слід зазначити, що у PDF існує дуже обмежений функціонал редагування, адже цей формат був створений саме для передачі інформації, що є платформи-незалежним.

Конвертація. Оскільки формат DOC став основним до появи його відкритих специфікацій, було багато спроб переробити його, щоб принаймні прочитати дані в документі. Але підхід до проблеми такий, що необхідно отримувати не лише текст, а й графіку та інші дані. Аналіз доступного програмного забезпечення показав, що найпростіший спосіб отримати всю необхідну інформацію з файлів DOCX і DOC — це використовувати бібліотеки взаємодії Microsoft Office Interop або LibreOffice Writer. Розробка власного рішення займає багато часу, готові реалізації або надто дорогі, або не відповідають необхідним умовам. Отже, раціональним рішенням є придбання пакету MS Office або використання LibreOffice Writer, але у цьому випадку виникнуть проблеми з перетворенням графічних зображень.

Що стосується формату PDF, ситуація дещо інша. Є відкриті безкоштовні бібліотеки, але існує два варіанти вирішення проблеми — встановити програму-конвертер, яка забезпечить перетворення PDF-документів в формат DOC, або скористатися спеціальним онлайн сервісом. Тому, використовуючи безкоштовне програмне забезпечення, можна перетворювати описані вище формати, не витрачаючи багато часу на написання програмного коду [4].

За своєю суттю конвертація з документу, де кожна сторінка і елемент є фіксованим (PDF) у документ з відносним позиціонуванням елементів має свої складнощі, пов'язані з навчанням штучного інтелек-

ту. Символи складаються у рядки, рядки — в абзаци, і у кінці, вимірюються відступи та відстані до полів. У більш складних випадках присутні також таблиці та зображення. В теорії, зміст файлу PDF може бути настільки комплексним, що його неможливо буде представити у DOC файлі. Кожен документ має свою структуру: рекламний памфлет має повністю відмінну від наукової статті структуру, що в свою чергу відрізняється від посадової інструкції тощо. Постає проблема у навчанні нейронної мережі для класифікації подібних макетів і розумінні контексту, для успішної конвертації.

Висновок. Іноді, навіть людині важко розпізнати, де закінчується реклама та починається текст статті; що є частиною графіку, а що є її підписом, де починається чи закінчується комірка таблиці. В залежності від автора, документ може мати різний контекст, що також може значно відрізнити його серед інших: наприклад, документ, написаний арабською мовою, скоріш за все буде читатися справа наліво, а наукова стаття з математики може мати формули, що неможливо буде описати людині, що її не вивчала. Тому задача конвертації одного документа у формат іншого стає особливо складною.

Таким чином, існує два варіанти: навчити конвертер, що в майбутньому зможе виконувати дуже точну конвертацію, але це потребує великого об'єму даних та ручного позначення кожного елемента документа: тексту, таблиць або малюнків; або створити список певних правил, що систематично описують загальний вигляд таблиці чи формули, що не є доволі точним. Вибір методу конвертації у цілому залежить від задачі, поставленої перед конвертером. Але у кінці кінців успішна конвертація вимагає знання побудови вихідного та цільового форматів, у разі відсутності стандарту формату необхідно використовувати зворотню розробку, і хоча результат буде наближено відповідати стандартам, будуть присутні також помилки, або навіть відсутній деякий функціонал.

Література

1. Microsoft. Documentation. [MS-DOC]: Word (.doc) Binary File Format / Microsoft // Microsoft. 2021. URL: https://docs.microsoft.com/en-us/openspecs/office_file_formats/ms-doc/ccd7b486-7881-484c-a137-51170af7cc22
2. M. Hardy. & Masinter, Larry. The application/pdf Media Type. Internet Engineering Task Force // Internet Engineering Task Force. 2017. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc8118>
3. Document management — Portable document format — Part 1: PDF 1.7. ISO 32000-1:2008. 2008. URL: https://www.adobe.com/content/dam/acom/en/devnet/pdf/pdfs/PDF32000_2008.pdf
4. Білощицький А.О. Перетворення файлів різних типів до єдиного формату / А.О. Білощицький, О.В. Діхтяренко, Т.О. Лященко // Управління розвитком складних систем. 2014. Вип. 18. С. 140–144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2014_18_25

Іванов Володимир Георгійович

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри криміналістики

Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого

Іванов Владимир Георгиевич

доктор технических наук, профессор,

професор кафедры криминалистики

Национальный юридический университет имени Ярослава Мудрого

Ivanov Volodymyr

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Professor of the Department of Criminalistics

Yaroslav Mudryi National Law University

ПОБУДОВА І АНАЛІЗ ЛОКАЛЬНО ПОВ'ЯЗАНИХ ПРОЦЕДУР І СТРУКТУР ХААРА

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ЛОКАЛЬНО СВЯЗАННЫХ ПРОЦЕДУР И СТРУКТУР ХААРА

CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF LOCALLY RELATED HAAR PROCEDURES AND STRUCTURES

Анотація. Наводяться результати побудови рівнобіжних і послідовних структур Хаара для цифрової обробки сигналів, а також результати їхнього порівняння за обраними і визначеними у роботі критеріями: систоличність, продуктивність і обсяг устаткування, ефективність процесорного поля.

Ключові слова: цифрова обробка сигналів, структури Хаара.

Аннотация. Приводятся результаты построения параллельных и последовательных структур Хаара для цифровой обработки сигналов, а также результаты их сравнения по выбранным и определенным в работе критериям: систоличность, производительность и объем оборудования, эффективность процессорного поля.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, структуры Хаара.

Summary. The results of constructing parallel and sequential Haar structures for digital signal processing are presented, as well as the results of their comparison according to the selected and defined criteria in the work: systolicity, productivity and volume of equipment, efficiency of the processor field.

Key words: digital signal processing, Haar structures.

Постановка проблеми і аналіз літератури. Основною складовою практично всіх методів обробки сигналів (фільтрація, стиск, розпізнавання і т. д.) є отримання відліків спектру в тому чи іншому базисі ортогональних функцій в реальному масштабі часу [1; 2]. Тому дуже актуальною є задача синтезу цифрових пристроїв спектрального аналізу сигналів з використанням таких базисних функцій, які дозволяють мінімізувати як кількість обчислювальних операцій, так і обсяг апаратури, а також вибір і визначення сукупності перспективних характеристик і критеріїв, яким повинні відповідати структури і алгоритми

цифрових процесорів обробки сигналів. Аналіз літератури і роботи автора в цій галузі [3; 4; 5; 6; 7] дають підстави зупинити наш вибір на базисних функціях системи Хаара, а в якості основних характеристик і показників, яким повинні відповідати проєктовані сучасні цифрові процесори обробки сигналів повинні бути однорідність, регулярність, локальність і рекурсивність (систолична архітектура); продуктивність і обсяг обладнання, надмірність або ефективність процесорного поля; надійність і час проєктування.

Мета досліджень. Показати, що запропоновані алгоритми і структури отримання коефіцієнтів Хаа-

ра відповідають основним характеристикам цифрових процесорів обробки сигналів, які виділені нами.

Виклад основного матеріалу. Якщо на вхід спеціалізованого обчислювача спектра Хаара подається N відліків дискретного сигналу X_i , то початковий процес обробки включає в себе отримання узагальнених проміжних сум Хаара в вигляді [6]:

$$X_i^{(n)} = X_{2i-1}^{(n-1)} + X_{2i}^{(n-1)}, \quad (1)$$

де $n=1, 2, \dots, (\log_2 N - 1)$, $i=1, 2, \dots$, а є вихідними відліками вхідного сигналу. Коефіцієнти Хаара на виході аналізатора визначаються через (1) у вигляді:

$$C_{mj} = \frac{1}{N} 2^{\frac{m-1}{2}} \left[X_{2j-1}^{(\log_2 N - 1) - m} - X_{2j}^{(\log_2 N - 1) - m} \right], \quad (2)$$

де $m = 1, 2, \dots, \log_2 N$; $j = 1, 2, \dots, 2^{m-1}$, а для виразу, що стоїть в квадратних дужках $m = m-1$.

Коефіцієнт Хаара з мінімальним індексом (вільний член) буде визначатися як

$$C_{01} = \frac{1}{N} \left[X_{2j-1}^{\log_2 N - 1} + X_{2j}^{\log_2 N - 1} \right]. \quad (3)$$

Вирази (1–3) є рекурентними і дають можливість побудови схем локально-рекурсивних процесорів на принципах систолічної архітектури.

Якщо $N = 8$, то процес відображення початкового відліків сигналу в простір коефіцієнтів Хаара за виразами (1–3) можна представити у вигляді такої послідовності операцій.

Перший крок: визначаємо по (1) проміжні суми Хаара.

$$n = 1, i = 1, 2, \dots = 1, 2, \dots, 4$$

і відповідно

$$X_1^1 = X_1^0 + X_2^0; X_2^1 = X_3^0 + X_4^0;$$

$$X_3^1 = X_5^0 + X_6^0; X_4^1 = X_7^0 + X_8^0.$$

Другий крок:

$$n = 2, i = 1, 2. X_1^2 = X_1^1 + X_2^1; X_2^2 = X_3^1 + X_4^1.$$

Третій крок:

$$m = 1, j = 1.$$

$$C_{11} = [X_1^2 - X_2^2] = (X_1^1 + X_2^1) - (X_3^1 + X_4^1) = (X_1^0 + X_2^0 + X_3^0 + X_4^0) - (X_5^0 + X_6^0 + X_7^0 + X_8^0) = C_2$$

$$m = 2, j = 1, 2.$$

$$C_{21} = [X_1^1 - X_2^1] = [(X_1^0 + X_2^0) - (X_3^0 + X_4^0)] = C_3$$

$$m = 3, j = 1, 2, 3, 4.$$

$$C_{31} = [X_1^0 - X_2^0] = C_5; C_{32} = [X_3^0 - X_4^0] = C_6;$$

$$C_{33} = [X_5^0 - X_6^0] = C_7; C_{34} = [X_7^0 - X_8^0] = C_8.$$

Потужним інструментом прямого уявлення послідовності отриманих рекурсії є граф потоку сигналів. Точки вхід-вихід в графі вказують на порядок обчислення, а ребра, відповідні затримки, позначають поділ і впорядкування двох послідовних рекурсії. Граф потоку сигналів у перших, забезпечує потужний абстрактний апарат для вираження паралелізму і по-друге — перехід від графів до реальних систолічних матриць Хаара досить простий. Необхідно тільки в схемі на рис. 1 замість вершин графа поставити відповідні елементарні процесори додавання або віднімання.

Отримана рекурсивна обчислювальна схема призводить до локально пов'язаних структурних примітивів (заштриховані ділянки), що дають високу

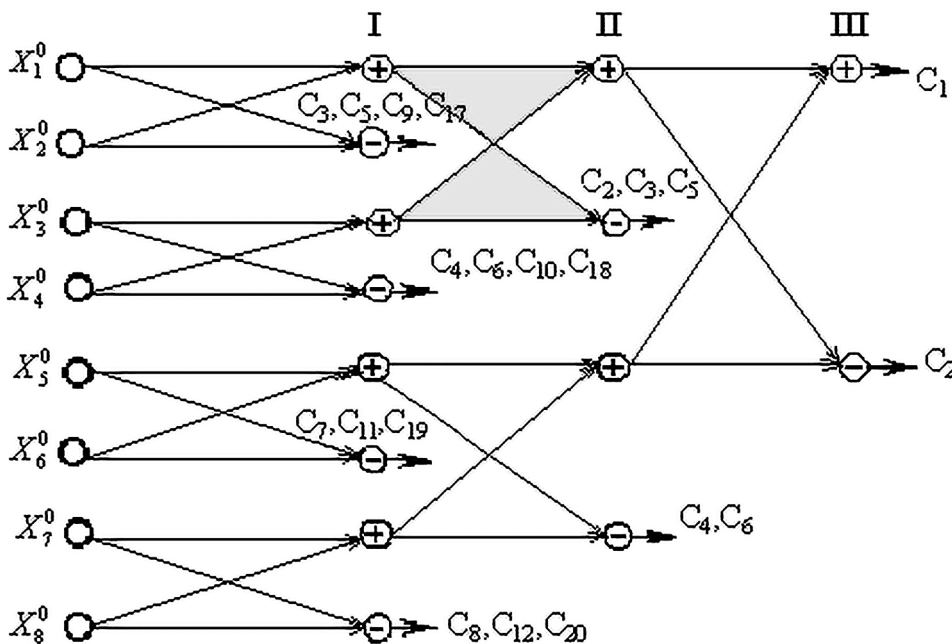


Рис. 1. Граф-схема отримання коефіцієнтів Хаара. $N = 8$.

ступінь однорідності апаратури, модульність і регулярність потоків даних. Використовуючи ці примітиви як елементарні модулі, можна легко нарощувати структури Хаара для обчислення коефіцієнтів при будь-якому значенні N вхідних даних. Ці структури мають також властивість сумісності зверху вниз, якої немає в структурах алгоритмів БПФ. Тобто спеціалізований обчислювач Хаара для отримання, наприклад, 32 коефіцієнтів дозволяє також отримати 16, 8 і т.д. коефіцієнтів без перебудови його конфігурації. Ця властивість відображена в таблиці 1. Якщо наприклад, $N = 16$, то відповідні С9, С10, і т.д. знаходяться на другому ярусі 32 точкової структури, коефіцієнти С5, С6, С7 і С8 на третьому ярусі і т.д. У свою чергу, коефіцієнти С5, С6, С7, С8 є результатом роботи процесорів першого ярусу при $N = 8$. Винятки становлять лише коефіцієнти С1 для різних N , які завжди будуть перебувати на відповідному першому суматорі останнього ярусу. Результати обчислень першого ярусу процесорів послідовно і локально передаються передаються («проштовхуються») процесорам другого ярусу і т.д., поки не будуть отримані значення всіх коефіцієнтів Хаара.

Для характеристики властивостей паралельного алгоритму Хаара введемо поняття ширини паралелізму, яке визначає число операцій l , які можна виконувати одночасно, паралельно. У нашому випадку паралельна задача отримання коефіцієнтів Хаара виконується за кілька тактів. Причому величина l змінюється від такту до такту і тому має сенс визначити поняття середнього значення ширини паралелізму

$$l_{cp} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q l_i, \quad (4)$$

де q — число тактів виконання паралельного алгоритму, що дорівнює $\log_2 N$. Числове значення q відображає час виконання паралельного алгоритму, виражене в тактах. Воно характеризує глибину паралелізму і алгоритмічну складність структур Хаара. Важливими характеристиками паралельних структур Хаара для цифрової обробки сигналів є продуктивність P і обсяг обладнання Q , які визначимо відповідно як

$$P = \frac{2(N-1)}{\log_2 N} \quad \text{і} \quad Q = 2(N-1) \quad (5)$$

Тут P визначає умовний час, за який паралельна структура реалізує обчислення $2(N-1)$ арифметичних операцій того чи іншого алгоритму, Q — кількість елементарних процесорів цієї структури. Однак для порівняльної оцінки безлічі варіантів архітектур, призначених для цифрової обробки сигналів, цих характеристик явно недостатньо. Тому необхідно використовувати додаткові критерії якості. Так в деяких випадках вельми доцільно використовувати для оцінки питому продуктивність

$$V = \frac{P}{Q}, \quad (6)$$

де P і Q були визначені вище. Питому продуктивність поряд з продуктивністю можна використовувати як важливий критерій порівняння структур Хаара з паралельною і послідовною архітектурою. Найбільш інформативною характеристикою паралельного алгоритму є прискорення λ , що показує у скільки разів застосування паралельного алгоритму зменшує час виконання завдання в порівнянні з послідовним алгоритмом. Разом з тим слід ввести і характеристику (α), яка показує, у скільки разів обладнання паралельного процесора програє обсягом обладнання послідовного:

$$\lambda = \frac{T_{\text{посл.}}}{T_{\text{пар.}}} \quad \text{і} \quad \alpha = \frac{Q_{\text{пар.}}}{Q_{\text{посл.}}}, \quad (7)$$

де T — кількість тактів для отримання коефіцієнтів Хаара в послідовній і паралельній структурі.

Потрібно також відзначити, що паралельні обчислювальні структури Хаара, які будуються шляхом прямого відображення інформаційного графа, мають і певні недоліки, що впливають з того, що абсолютно паралельних процесів в принципі не існує, а обсяг структур зростає з ростом числа вершин графа і при великій кількості N вони стають важкореалізованими, а процесори — малозавантаженими. Так з рис. 1 впливає, що на першому такті обчислення коефіцієнтів Хаара працюють тільки процесори першого ярусу, на другому — тільки друга лінійка (другий ярус) і т.д. Тому дуже доцільною в практичному відношенні вбачається таке поняття, як «ефективність процесорного поля» E , яке визначимо як

Таблиця 1

Властивості сумісності структур Хаара

Коефіцієнти	N	Яруси (такти)				
		I	II	III	IV	V
	4	3, 4	1, 2			
	8	5, 6, 7, 8	3, 4	1, 2		
	16	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	5, 6, 7, 8	3, 4	1, 2	
	32	17, 18, 19, 20, . . . 31, 32	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	5, 6, 7, 8	3, 4	1, 2

$$E = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q n_i \text{ або } E = \frac{N}{q}, \quad (8)$$

де n_i — число процесорних елементів (ПЕ), яке необхідно для реалізації паралелізму в такті i . Величина E вказує середнє завантаження ПЕ при виконанні конкретного паралельного алгоритму. Можна уточнити це поняття, якщо ввести таку характеристику, як надмірність структури або коефіцієнт завантаження устаткування « R », який показує відношення сумарного числа працюючих процесорів (M) до числа непрацюючих (M^*) при кожному такті виконання завдання i в цілому після його завершення:

$$M_i = \sum_{i=1}^{\log_2 N} \frac{N}{2^{i-1}} \text{ і } M_i^* = \sum_{i=1}^{\log_2 N} [2(N-1) - 2^i], \quad (9)$$

а

$$R_i = \left(\sum_{i=\log_2 N}^1 2^i \right) / \sum_{i=1}^{\log_2 N} [2(N-1) - 2^i], \quad (10)$$

де i в чисельнику формули (10) змінюється от $\log_2 N$ до 1 з кроком мінус одиниця. За виразами (9) і (10) для різних N побудуємо таблиці значень коефіцієнтів R , M і M^* і проведемо їх порівняльний аналіз. Значення R^* в таблицях визначає відношення числа працюючих процесорів на кожному такті рішення задачі до їх загальної кількості в схемі, тобто Q .

Аналіз цих таблиць показує дуже низький коефіцієнт завантаження обладнання в паралельних структурах Хаара, незалежно від довжини оброблюваної реалізації. Так вже на другому такті роботи схеми при $N = 64$ (табл. 2.) число працюючих процесорних елементів по відношенню до непрацюючих становить всього 34%, а на третьому такті ця цифра опускається до 14,5%. Чим менше довжина оброблюваної реалізації N , тим вище коефіцієнт завантаження устаткування паралельної структури. Надмірність структур пов'язана з коефіцієнтом завантаження устаткування R зворотною залежністю, тобто, чим менше R , тим більша надмірність.

Висновки. Таким чином, запропоновані алгоритми і структури отримання коефіцієнтів Хаара відповідають основним характеристикам цифрових процесорів обробки сигналів, які були нами виділені. Крім того отримані результати дають підставу говорити про необхідність побудови базових

Таблиця 2

Коефіцієнт завантаження обладнання в паралельних структурах Хаара
 $N = 64, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

Такти	1	2	3	4	5	6	Σ
M	64	32	16	8	4	2	126
M*	62	94	110	118	122	124	630
R	1,03	0,34	0,145	0,067	0,032	0,016	0,2
R*	0,507	0,253	0,127	0,063	0,031	0,0158	1

Таблиця 3

Коефіцієнт завантаження обладнання в паралельних структурах Хаара
 $N = 16, i = 1, 2, 3, 4$

Такти	1	2	3	4	S
M	16	8	4	2	30
M*	14	22	26	28	90
R	1,14	0,363	0,153	0,07	0,33
R*	0,533	0,266	0,133	0,066	1

Таблиця 4

Коефіцієнт завантаження обладнання в паралельних структурах Хаара
 $N = 8, i = 1, 2, 3$

Такти	1	2	3	Σ
M	8	4	2	126
M*	6	10	12	28
R	1,33	0,4	0,166	0,5
R*	0,57	0,285	0,142	1

вих паралельно-послідовних структур, які дають можливість синтезувати безнадлишкові схеми швидких перетворень Хаара при будь-якому значенні N довжини оброблюваної реалізації сигналів шляхом нарощування таких структур і простим їх з'єднанням. Запропонована методологія добре доповнює новий напрямок [5], пов'язаний з використанням приєднаних обчислювачів (співпроцесорів), які мають сильну зв'язність внутрішньої структури і якими оснащуються вузли високопродуктивних ЕОМ, а також системні блоки персональних комп'ютерів.

Література

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. Москва: Техносфера, 2012. 1104 с.
2. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Н. Ахмед, К. Р. Рао. М.: Связь, 1980. 248 с.
3. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С. Гуна, Х. Уайтхадса, Т. Кайлата. М.: Радио и связь, 1989. 472 с.
4. Вишенчук И. М., Черкасский Н. В. Алгоритмические операционные устройства и супер ЭВМ. К.: Техника, 1990. 197 с.
5. Гильгурт С. Я. Реконфигурируемые вычислители. Аналитический обзор / С. Я. Гильгурт // Электронное моделирование. 2013. № 4. Том 35. С. 49–72.
6. Иванов В. Г. Формальное описание дискретных преобразований Хаара / В. Г. Иванов // Проблемы управления и информатики. Київ, 2003. № 5. С. 68–75.
7. Иванов В. Г., Червенко С. А. Кодирование данных по системе Хаара в нейросетевой среде // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2004. № 4(8). С. 105–109.

Климчук Марія Ігорівна

студентка

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Климчук Мария Игоревна

студентка

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Klymchuk Mariia

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Кисляк Сергій Володимирович

старший викладач

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кисляк Сергей Владимирович

старший преподаватель

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Kysliak Serhii

Senior Lecturer

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ CpG-ОСТРІВЦІВ

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ CpG-ОСТРОВКОВ

SOFTWARE APPLICATION FOR FINDING CpG ISLANDS

Анотація. В статті розглянутий алгоритм пошуку CpG-острівців за допомогою прихованих Марковських моделей. Створений програмний продукт, що дозволяє ідентифікувати білоккодуєчі ділянки геному відповідно до алгоритму декодування Вітербі та візуалізувати шлях найбільшої ймовірності в біологічних послідовностях еукаріот відповідно до значень перехідних та емісійних ймовірностей.

Ключові слова: приховані Марковські моделі, алгоритм декодування Вітербі, CpG-острівці, матриці перехідних та емісійних ймовірностей, епігенетика.

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм поиска CpG-островков с помощью скрытых Марковских моделей. Созданный программный продукт, позволяет идентифицировать белоккодирующие участки генома в соответствии с алгоритмом декодирования Витерби и визуализировать путь наибольшей вероятности в биологических последовательностях эукариот в соответствии с значениями переходных и эмиссионных вероятностей.

Ключевые слова: скрытые Марковские модели, алгоритм декодирования Витерби, CpG-островки, переходные и эмиссионные вероятности, эпигенетика.

Summary. The article discusses an algorithm for searching for CpG islands using hidden Markov models. The created software product makes it possible to identify protein-coding regions of the genome in accordance with the Viterbi decoding algorithm and to visualize the path of the highest probability in biological sequences of eukaryotes in accordance with the values of the transition and emission probabilities.

Key words: Hidden Markov Models, Viterbi decoding algorithm, CpG-islands, transition and emission probabilities, epigenetics.

Вступ. Розвиток та становлення сучасної біоінформатики обумовлений появою новітніх методів секвенування нуклеотидних послідовностей та розробкою ефективних методів їх асемблювання. Експоненційне накопичення молекулярно-біологічних даних, вимагає від дослідників вирішення однієї з основних проблем біоінформатики, що пов'язана з наявністю невеликої кількості описаних біологічних послідовностей, що зберігаються у базах даних (наприклад Uniprot, Genbank), у порівнянні з тими, що потребують повного анотування. Удосконалення та оптимізація основних алгоритмів та базових методів біоінформатики, а також інтеграція у напрямку математичних наук, можливо, дозволить вирішити основну проблему сучасної біоінформатики. Кожний етап біоінформаційного аналізу, починаючи з секвенування, асемблювання, картування, ідентифікації кодуєчих ділянок тощо, пов'язані з застосуванням певних алгоритмів. Враховуючи отримані сучасні знання та стрімкий розвиток такого напрямку генетики, як епігенетика, особливу увагу зі сторони дослідників заслуговують нетривіальні алгоритми, що базуються на прихованих Марковських моделях (далі по тексту НММ). Такий підхід, з урахуванням молекулярної організації генів, дозволяє ідентифікувати білоккодуєчі ділянки ДНК еукаріотичних організмів. При цьому знайдені динуклеотиди цитозин та гуанін можуть вказувати на ген, що може бути розташований у напрямку 3' кінця відповідно до ідентифікованих динуклеотидів.

Мета роботи: розробити програмний продукт для ідентифікації білоккодуєчих ділянок генів еукаріот.

Виклад основного матеріалу. ДНК людини складається з чотирьох нуклеотидів, які записуються літерами: А, С, G і Т. Дуже цікавими є такі ділянки ДНК, в яких представлена велика кількість нуклеотиду С — цитозин та нуклеотиду G — гуанін. Цитозин, який розміщений за гуаніном є динуклеотидом і називається CpG, де літера «р» — означає фосфатний зв'язок між цими двома нуклеотидами [1, с. 1; 4, с. 1–12]. Цитозин в структурі динуклеотиду CpG може піддаватись метилюванню. Статус метилювання цитозину в динуклеотидах CpG відіграє регулюючу роль в експресії генів. Динуклеотиди CpG часто скупчені в регіонах, які мають назву CpG-острівці або скорочено — CGIs. Дані острівці найчастіше розміщуються у 5' промоторній ділянці генів, що приймає участь у першому етапі реалізації генетичної інформації — ініціації транскрипції. Якщо цитозин в структурі CpG метильований, 3' кодуєча ділянка гена не транскрибується — ген знаходиться у «вимкненому» стані. Деметилювання цитозину в структурі CpG острівців,

що розташований біля 5' промоторної ділянки, відновить експресію такого гена. Так званий епігенетичний профіль є об'єктом сучасної науки про вивчення активності генів — епігенетики [28, с. 30–33].

Інформативним для дослідників є координати розташування CpG острівців, що можуть вказувати на нові гени, які у свою чергу можуть відігравати велику роль у появі та розвитку різних генетичних захворювань, включно з онкологічними. Поява С та G нуклеотидів відносно нуклеотидів А та Т — аденіну та тиміну, піддається аналізу за допомогою методів машинного навчання, серед яких не останнє місце займають НММ. Крім того, НММ є одним з найпопулярніших способів ідентифікації та прогнозування ділянок концентрації нуклеотидів та динуклеотидів. НММ визначається набором прихованих станів, кожен з яких має обмежену кількість переходів між іншими станами. Дана модель має початковий та кінцевий стан, та будь-який шлях від початку в кінець буде генерувати певну послідовність.

Найбільш популярними алгоритмами, які можна застосувати для вирішення задачі ідентифікації генів еукаріот за допомогою НММ є: «Forward» та «Backward» алгоритми, а також алгоритм декодування Вітербі.

В даній роботі, було застосовано алгоритм декодування Вітербі, тому розглянемо його детальніше. Алгоритм Вітербі — це алгоритм пошуку найкращого оптимального шляху, який буде мати найбільшу ймовірність. Даний алгоритм належить до алгоритмів методом динамічного програмування. Алгоритм був розроблений американським інженером та бізнесменом Ендрю Джеймсом Вітербі [26, с. 8]. Даний алгоритм відповідає на питання, який шлях буде мати найбільшу ймовірність, враховуючи дані та навчені матриці параметрів (перехідні ймовірності між станами та емісійні ймовірності генерації відповідних нуклеотидів у заданому стані)

Алгоритм Вітербі, дозволяє вирішити задачу декодування. Сутність декодування для нашої задачі полягає у тому, що серед усіх станів А, Т, G, С, буде знайдений шлях найбільшої вірогідності, що перетинається зі станами CpG, у яких цитозин може метилюватися. Побудуємо модель λ та послідовність спостережуваних станів — E . Визначимо послідовність внутрішніх станів — S^* , які максимізують ймовірність $P(E, S | \lambda)$, (1) [3, с. 49–61]:

$$p^* \equiv P(E, S | \lambda) \equiv \max_S (P(E, S | \lambda)),$$

$$S^* \equiv \arg \max_S (P(E, S | \lambda)). \quad (1)$$

Як таких недоліків алгоритм не має, але можна підкреслити, що, по-перше, ми не можемо стовідсотково сказати, що отриманий шлях найбільшої ймовірності буде найкращим, адже можливо були й інші шляхи, які могли бути би кращими. По-друге, алгоритм Вітербі має експоненціальне зростання кількості шляхів, тому що необхідно проаналізувати усі можливі шляхи, при чому більшість обчислень, які виконуються не будуть мати жодного сенсу. Також, при програмній реалізації даного алгоритму, для декодування одного інформаційного символу необхідне виконання великої кількості операцій множення. Дана проблема була вирішена переходом в логарифмічний простір, де операція множення замінюється операцією додавання. Таким чином процедура декодування Вітербі спрощується [27, с. 20–22].

Оскільки в даній роботі, найбільший інтерес полягає у виявленні CpG-островків в геномній послідовності, то прихована Марковська модель повинна визначати два приховані стани:

- фоновий «-», який немає CpG-острівці (A-, C-, G-, T-)
- острівний «+», який має CpG-острівці (A+ C+ G+ T+)

CpG-острівці є індикатором можливої присутності генів, тому що приблизно 60–70% генів людини містять дані ділянки зі сторони 5' регуляторної ділянки гену, які маскують промоторні та екзонні ділянки. Динуклеотид CpG називають «гарячою» точкою мутацій, адже з плином часу динуклеотиди в геномі вироджуються. Механізм, який відповідає за дану мутацію — є підвищена вразливість метильованих цитозинів у CpG-острівців до спонтанного дезамінування тиміну (рис. 2). У зв'язку з цим в організмі людини можуть виникати позитивні або негативні зміни.

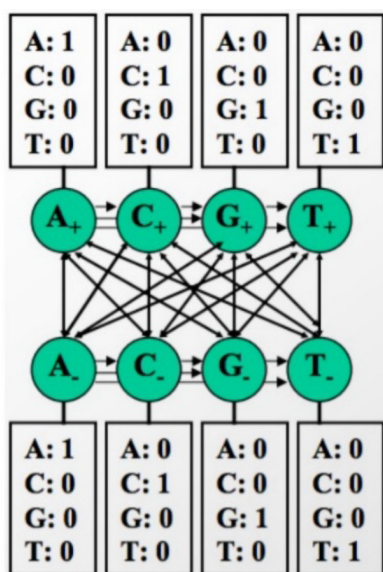


Рис. 1. ПММ для знаходження CpG-острівків. Стрілки вказують на переходи між станами, 0 та 1 — означають емісійні ймовірності [2, с. 46–68]

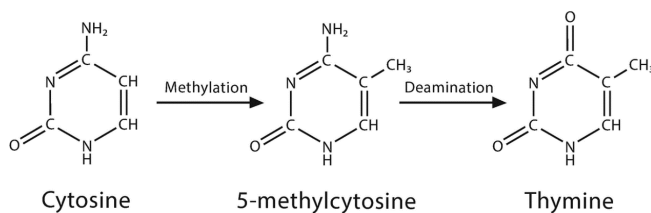


Рис. 2. Схема перетворення цитозину в тимін [5, с. 47–64]

Відомий шотландський біолог та генетик Конрад Х. Ваддінгтон вперше ввів термін «епігенетика» у 1942 році [6, с. 503–518; 7, с. 18–20]. Саме слово «епігенетичний» — означає доповнення до змін у генетичній послідовності, тобто це процес, який змінює активність гена, але при цьому не змінює саму послідовність ДНК. В цьому і є основна різниця між епігенетичними та генетичними механізмами [8, с. 160–167].

Епігенетика є одним з напрямків сучасної генетики, в якій метилювання цитозину CpG-островців відіграють основну роль в процесах регуляції експресії генів на різних етапах онтогенезу. Вивчення взаємозв'язку метилювання з CpG-островками є досить популярним напрямком досліджень. У 2002 році у статті Берда вперше було опубліковано, що дійсно існує зв'язок між CpG-островками та метилюванням [9, с. 6–21]. Крім того, в нещодавніх роботах Роберта С. Іллінгворта та Адріана Берда, було підкреслено, що метилювання CpG-островків можливе не тільки між різними тканинами, але й між нормальними та злоякісними клітинами, що призводить до подавлення гена, який повинен давати білковий продукт на етапі трансляції [1, с. 10; 10, с. 1713–1720].

Метилювання ДНК — це хімічний процес модифікації ДНК, який може передаватися з покоління в покоління без змін послідовності ДНК. Вперше, процес метилювання ДНК було підтверджено у 1983 році при захворюванні раком, і з того часу його почали спостерігати при багатьох інших захворюваннях [11, с. 21–33; 12, с. 683–692; 6, с. 503–518; 13, с. 37–50]. Даний процес є найбільш вивченим механізмом епігенетичної регуляції генів [14, с. 499–514] та має дуже важливе значення для клітинного перепрограмування, диференціації тканин та нормального розвитку, пов'язаного з багатьма біологічними процесами, включаючи регуляцію експресії генів [13, с. 37–50].

Процес метилювання полягає в додаванні метильної групи — CH₃ до цитозинових основ ДНК, що знаходяться в складі CpG динуклеотида (рис. 3). Метилювання ДНК CpG-островків регулює експресію генів шляхом подавлення транскрипції [16, с. 3157–3173; 17, с. 553–568; 18, с. 142–148], а також має важливе, вирішальне значення для експресії генів та тканино-специфічних процесів. Вважається, що метилювання ДНК властиве еукаріотам, в той час як у людини метилюванню підлягає лише один відсоток геномної ДНК [4, с. 1–12].

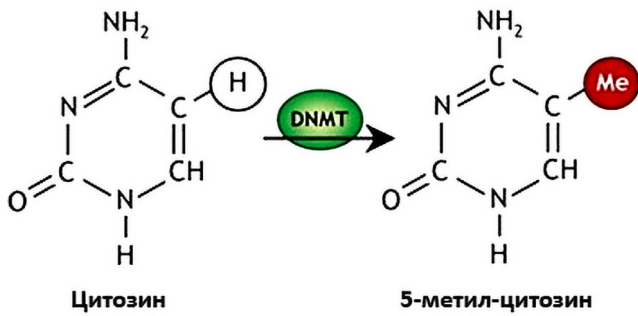


Рис. 3. Схема метилювання цитозину. Зелений овал означає головний фрагмент метилювання, а червоний кружечок означає метильну групу [15, с. 805–832]

З усіх епігенетичних механізмів саме метилювання ДНК викликає найбільший інтерес [20, с. 89–97; 21, с. 5–10], тому що воно бере участь в регуляції генів, а також впливає на транскрипцію генів. З практичної точки зору процес метилювання ДНК має прямий зв'язок з емоційним станом, мозковою діяльністю та навіть з нашим раціоном харчування. В багатьох дослідженнях показано, що зміна метилювання ДНК має великий вплив на ембріональний розвиток, геномний імпринтинг, стабільність геному і статус хроматину [22, с. 597–610]. Також були виявлені зміни в профілі метилювання ДНК у багатьох типах пухлин [23, с. 1156–1163; 24, с. 1–7; 25, с. 357–365].

Тому, метилювання ДНК розглядають як «п'яту основу» геному, яка представляє великий інтерес серед науковців та дослідників.

Створено програмний продукт, який дозволяє ідентифікувати ділянки, в яких можливо буде знаходитися ген, що кодує білок. На рис. 4 показано головну сторінку інтерфейсу програми.

Для початку роботи з програмою потрібно натиснути на кнопку «Load data», після чого користувач потрапить в нове віконце, де він зможе обрати відповідний файл послідовності та натиснувши на кнопку «Run the algorithm» буде виведено результат роботи програми. Крім того, є можливість зберегти результат до файлу для зручного перегляду усіх результатів (рис. 5). Послідовності нуклеотидів можуть бути завантажені у FASTA форматі.

Також варто розглянути ще один функціонал програми. При натисканні на кнопку «For students» на головному вікні, користувач зможе отримати в результаті не тільки шлях найбільшої ймовірності, але й результуючу матрицю. Дана функція була розроблена для користувачів, які є викладачами вищих навчальних закладів. За допомогою даної програми, вони зможуть наочно в реальному часі продемонструвати роботу алгоритму та відповідно зробити певні висновки щодо декодування послідовності нуклеотидів (рис. 6).

Крім того, є ще декілька можливостей програми. Користувач може переглянути матриці емісійних та перехідних ймовірностей, які були використані у програмі, натиснувши на кнопку «Probabilities», а також натиснувши на кнопку «Useful sites» на головному екрані, користувач зможе перейти на найбільш популярні сайти, які використовують біо-

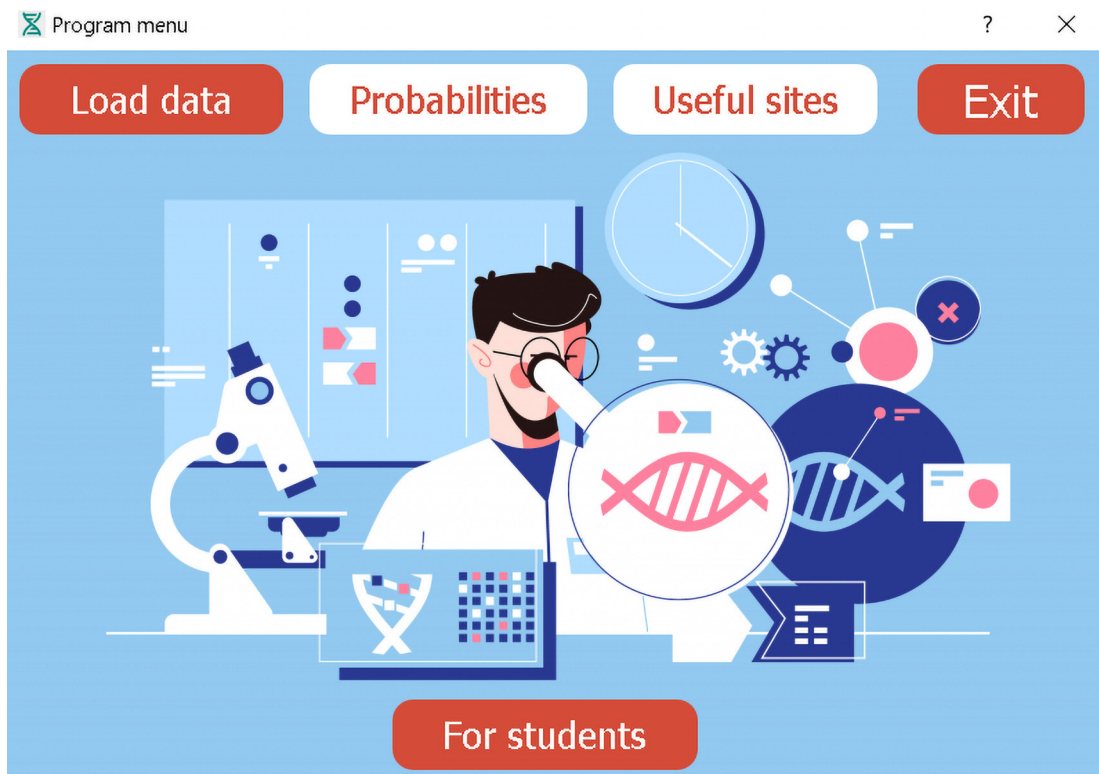


Рис. 4. Вигляд головного вікна інтерфейсу

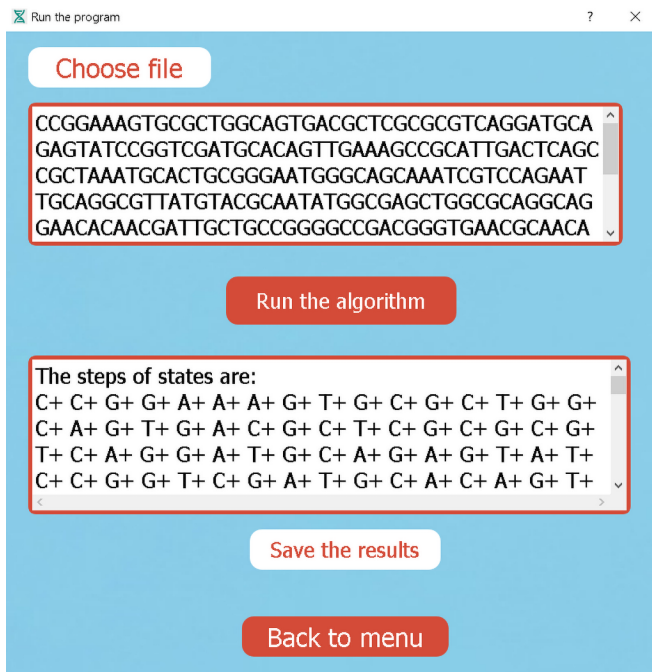


Рис. 5. Демонстрація роботи програми

інформатики, а саме: Gen Bank — геномний браузер, Blast, Uniprot, Ensembl (рис. 7).

Висновки. Створено програмний продукт зі зручним інтерфейсом, який дозволяє візуалізувати шлях найбільшої ймовірності у вигляді графу з вказаними переходами між станами, а також дозволяє іден-

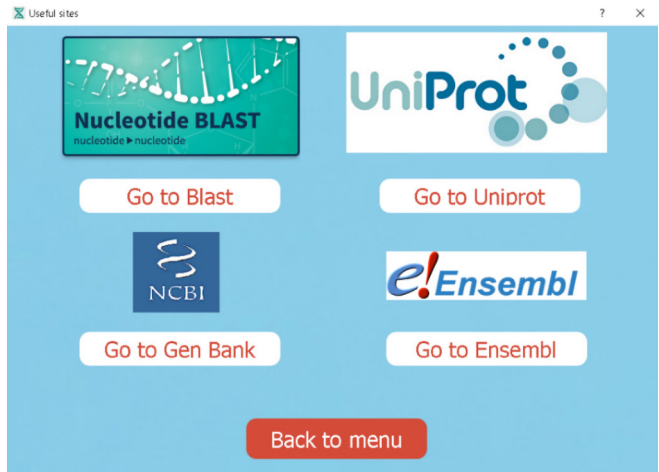


Рис. 7. Вигляд сторінки після натискання на кнопку «Useful sites»

тифікувати чи має та чи інша біологічна послідовність кодує ділянку у напрямку 3' кінця ДНК. Користувач може не тільки отримувати результат, але й зберегти його у файл, для подальшого аналізу. Результати роботи можуть бути впроваджені в навчальний процес при викладанні дисципліни «Аналіз біологічних послідовностей». В даній програмі у зручній формі зібрані посилання на найпопулярніші бази даних біологічних послідовностей та сервіси, що можуть бути застосовані для вирішення різноманітних задач біоінформатики.

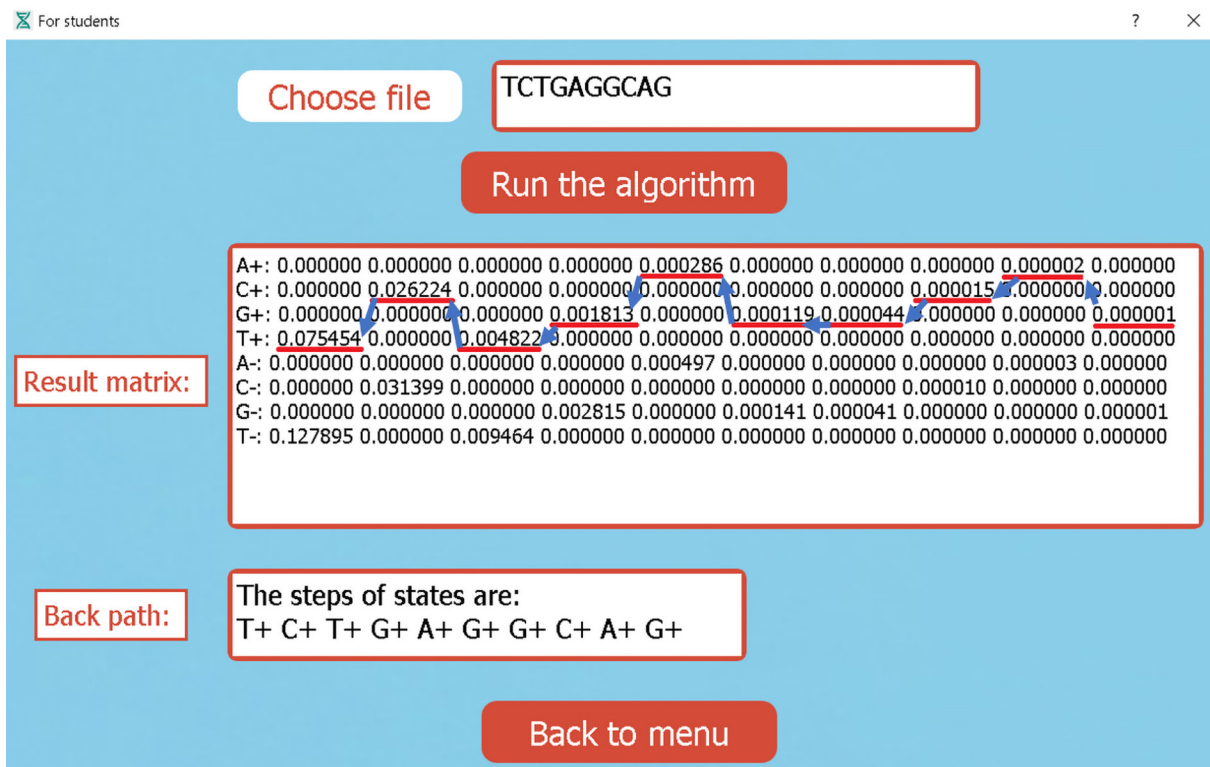


Рис. 6. Вивід результату роботи програми. Червоним підкреслено зворотній шлях найбільшої ймовірності

Література

1. Berg Arnie Exploring the behaviour of the Hidden Markov Model on CpG island prediction. A Thesis Submitted to the College of Graduate Studies and Research in Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Master of Science in the Department of Computer Science University of Saskatchewan Saskatoon. 2013. 87 p.2. Saaty T. L. Analytical planning. the organization of systems / T. L. Saaty, K. P. Kearns. Pergamon Press, 1985. 212 p.
2. Durbin R., Eddy R. S., Krogh A., Mitchison G. Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids. Cambridge: Cambridge University Press. 1999. 356 p.
3. Valeria De Fonzo, Filippo Aluffi-Pentini, Valerio Parisi. Hidden Markov Models in Bioinformatics // Current Bioinformatics. 2007. Vol. 2. P. 49–61.
4. Macauley Matthew Identifying CpG islands using hidden Markov models. Department of Mathematical Sciences Clemson University. 2016. P. 1–12.
5. Luke B. Hesson, Antonia L. Pritchard. The DNA Methylation Machinery. Clinical Epigenetics. Springer, Singapore. 2019. P. 47–64.
6. Tabitha M. Hardy, Trygve O. Tollefsbol. Epigenetic diet: impact on the epigenome and cancer // Epigenomics. 2011. Vol. 4. No. 3. P. 503–518.
7. Waddington C. H. The epigenotype. Endeavour. 1942. P. 18–20.
8. Weinhold Bob Epigenetics: The Science of Change // Environ Health Perspect. 2006. Vol. 114. No. 3. P. A160-A167.
9. Берд Адриан Паттерны метилирования ДНК и эпигенетическая память // Гены и развитие. 2002. Vol. 16. No. 1. P. 6–21.
10. Robert S. Illingworth and Adrian P. Bird CpG islands ‘a rough guide’ // FEBS letters. 2009. Vol. 583. No. 11. P. 1713–1720.
11. Feinberg A. P., Ohlsson R., Henikoff S. The epigenetic progenitor origin of human cancer // Nat Rev Genet. 2006. Vol. 1. No. 7. P. 21–33.
12. Jones P. A., Baylin S. B. The epigenomics of cancer // Cell. 2007. Vol. 4. P. 128. P. 683–692.
13. Yoo C. B., Jones P. A. Epigenetic therapy of cancer: past, present and future // Nat Rev Drug Discov. 2006. Vol. 1. No. 5. P. 37–50.
14. Hao Wu, Brian Caffo, Harris A. Jaffee, Rafael A. Irizarry. Redefining CpG islands using hidden Markov models. Department of Biostatistics, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21205, USA / Andrew P. Feinberg // Department of Medicine and Center for Epigenetics, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, MD 21205, USA. 2010. Vol. 11. No. 3. P. 499–514.
15. Ванюшин Б. Ф. Эпигенетика сегодня и завтра // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Vol. 17. P. 805–832.
16. Curradi M., Izzo A., Badaracco G., Landsberger N. Molecular mechanisms of gene silencing mediated by DNA methylation. Mol. Cell. Biol. 2002. P. 3157–3173.
17. Ehrlich M., Lacey M. DNA methylation and differentiation: silencing, upregulation and modulation of gene expression // Epigenomics. 2013. P. 553–568.
18. Newell-Price J., Clark A. J., King P. DNA methylation and silencing of gene expression // Trends Endocrinol. Metab. 2000. P. 142–148.
19. Wilkinson M. F. Evidence that DNA methylation engenders dynamic gene regulation. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2015.
20. Klose R. J., Bird A. P. Genomic DNA methylation: the mark and its mediators // Trends Biochem Sci. 2006. P. 89–97.
21. Cherniuk N. V., Yatsyshyn R. I., Kovalchuk L. Ye., Kaminskyi V. Ya. Modern views on the role of genetic and epigenetic factors in the formation of bronchial asthma. 2019. Vol. 115. No. 2. P. 5–10.
22. Robertson K. D. DNA methylation and human disease. Nat. Rev. Genet. 2005. P. 597–610.
23. De Jager P. L., Srivastava G., Lunnon K., Burgess J., Schalkwyk L. C., Yu L., et al. (2014). Alzheimer’s disease: early alterations in brain DNA methylation at ANK1, BIN1, RHBDF2 and other loci. Nat. Neurosci. 2014. P. 1156–1163.
24. Esteller M., Herman J. G. Cancer as an epigenetic disease: DNA methylation and chromatin alterations in human tumours. J. Pathol. 2002. P. 1–7.
25. Sharma P., Kumar J., Garg G., Kumar A., Patowary A., Karthikeyan G., et al. Detection of altered global DNA methylation in coronary artery disease patients // DNA Cell Biol. 2008. P. 357–365.
26. G. David Forney Jr. The Viterbi Algorithm: A Personal History. 2005. P. 122.
27. Башкиров А. В., Остроумов И. В., Свиридова И. В. Основы помехоустойчивого кодирования, основные преимущества и недостатки алгоритмов декодирования. 2007. P. 20–22.
28. Ржешевский А., Вайсерман А. Эпигенетика: гены и кое-что сверху // Популярная механика. 2015. № 2. С. 30–33.

Паршин Анатолий Павлович

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри систем управління літальними апаратами,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Паршин Анатолий Павлович

*кандидат технических наук,
доцент кафедры систем управления летательными аппаратами,
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Parshyn Anatolii

*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of Department of Control System by Aircrafts
National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»*

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ БІНС З НЕОРТОГОНАЛЬНИМ РОЗТАШУВАННЯМ ВИМІРЮВАЧІВ

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БИНС С НЕОРТОГОНАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF SINS WITH UNORTOGONAL LOCATION OF MEASURING DEVICES

Анотація. Стаття присвячена вирішенню проблеми підвищення точності і відмовостійкості безплатформової навігаційної системи (БІНС) безпілотного літального апарату за рахунок створення функціональної надмірності на підставі використання неортогонального розташування чутливих елементів. На підставі проведеного дослідження пропонується модель БІНС з використанням комплексованого вимірювального блоку. *Ил.: 6. Бібліогр.: 15 назв.*

Ключові слова: акселерометр, безпілотний літальний апарат, безплатформова інерціальна навігаційна система, система орієнтації, гіроскоп, неортогонального розташування, функціональна надмірність.

Анотация. Статья посвящена решению проблемы повышения точности и отказоустойчивости безплатформовой навигационной системы (БИНС) беспилотного летательного аппарата за счет создания функциональной избыточности на основании использования неортогонального расположения чувствительных элементов. На основании проведенного исследования предлагается модель БИНС с использованием комплексованого измерительного блока. *Ил.: 6. Библиогр.: 15 названий.*

Ключевые слова: акселерометр, беспилотный летательный аппарат, безплатформенная инерциальная навигационная система, система ориентации, гироскоп, неортогональное расположение, функциональная избыточность.

Summary. The article is sanctified to the decision of problem of increase of exactness and fault-tolerance of безплатформової of navigational (БИНС) of pilotless aircraft due to creation of functional surplus on the basis of the use of unortogonal location of pickoffs. On the basis of undertaken a study the model of БИНС is offered with the use of measuring complex block. *Ил.: 6. Bibliogr.: 15 names.*

Key words: accelerometer, pilotless aircraft, strapdown inertial navigation system, system of orientation, gyroscope, unortogonal location, functional surplus.

Постановка проблеми. Алгоритм навігації служить для визначення положення центру мас рухомого об'єкту відносно земної системи координат. Для вирішення завдання навігації використовуються дані про прискорення об'єкта, виміряні

акселерометрами в зв'язаній системі координат. Основна ідея інерціальної навігації — це дворазове інтегрування вимірюваних прискорень. Способом побудови БІНС є розміщення інерційних датчиків акселерометрів і гіроскопів безпосередньо на борту

рухомого об'єкту, а функції гіростабілізованої платформи, прив'язаною до земної системи координат, виконує бортовий обчислювач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реалізація вимог до надійності бесплатформенної інерціальної навігаційної системи (БІНС) може бути досягнута за рахунок надмірної комплектації блоку системи орієнтації (БСО) і відповідним вибором орієнтації осей чутливості датчиків. Крім того, за рахунок вибору раціональної конфігурації функціонально-надмірного БСО і розробки особливих алгоритмів побудови навігаційного рішення точність може бути підвищена на 30–40% [1].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Ці алгоритми часто містять велику кількість чисельних параметрів, оптимальні значення яких істотним чином залежать від динаміки носія, на борту якого передбачається експлуатація навігаційної системи. Відладка алгоритмів, підвищення їх надійності і точності виявляються можливі лише після вивчення і обробки великого масиву показників датчиків, отриманих при їх льотних випробуваннях. Висока складність і вартість таких випробувань привели до ідеї імітаційного моделювання сигналів інерціальних датчиків, приймачів супутникових навігаційних систем (СНС) і на їх основі блоків орієнтації і навігації БІНС.

Таким чином створення моделі БІНС, що дозволяє у процесі обробки вимірювальної інформації, досліджувати різні алгоритми, способи її комплексування значно прискорюють процес розробки таких систем. Особливо для систем з функціональною надмірністю.

Виклад основного матеріалу. Алгоритми роботи БІНС докладно описані в роботах як вітчизняних, так і зарубіжних авторів, наприклад, [2–7] і засновані на кінематичних рівняннях руху об'єкта в земній системі координат:

$$\begin{aligned} \omega_{Xg} &= U \cos \varphi + \frac{V_{Zg}}{R}; \\ \omega_{Yg} &= U \sin \varphi + \tan \varphi V_{Zg} / R; \\ \omega_{Zg} &= -\frac{V_{Xg}}{R}, \end{aligned} \quad (1)$$

де V_{Zg}, V_{Xg} — складові лінійної швидкості об'єкта відповідно уздовж осі Zg і Xg географічної системи координат; U — кутова швидкість обертання Землі; φ — широта місця розташування об'єкта; R — середній радіус земної еліпсоїда.

На основі (1) кутова швидкість руху об'єкта відносно Землі визначається наступними співвідношеннями:

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} &= \frac{V_{Xg}}{R}; \\ \dot{\lambda} &= V_{Zg} / (R \cos \varphi); \\ \dot{h} &= V_{Yg}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для отримання координат об'єкта φ, λ, h в географічній системі необхідно мати інформацію про лінійні швидкості об'єкта V_{Xg}, V_{Yg}, V_{Zg} . Цю інформацію отримують шляхом інтегрування відповідних прискорень. У БІНС датчики прискорень — акселерометри встановлюють по осях пов'язаної системи координат, вони вимірюють кажуче прискорення. Слід зазначити, що абсолютне прискорення має такі складові:

$$a = a^p + a^k + a^o, \quad (3)$$

де a^p, a^k, a^o — складові прискорення відповідно переносного, каріолісово, відносного.

Каріолісово прискорення виникає при взаємодії переносний кутовий швидкості обертання Землі і лінійної швидкості об'єкта. Проекції каріолісова прискорення на осі Ox_g, Y_g, Z_g мають вигляд:

$$\begin{aligned} a_{Xg}^k &= 2UV_{Zg} \sin \varphi; \\ a_{Yg}^k &= -2UV_{Zg} \cos \varphi; \\ a_{Zg}^k &= 2(UV_{Yg} \cos \varphi - UV_{Xg} \sin \varphi). \end{aligned} \quad (4)$$

Відносне прискорення виникає при русі об'єкта навколо Землі і при зміні лінійної швидкості, його складові на осі Ox_g, Y_g, Z_g визначаються співвідношеннями:

$$\begin{aligned} a_{Xg}^o &= \dot{V}_{Xg} + \frac{V_{Zg}^2}{R} \cdot \tan \varphi + \frac{V_{Xg}V_{Yg}}{R}; \\ a_{Yg}^o &= \dot{V}_{Yg} + V_{Zg}^2 / R - V_{Xg}^2 / R; \\ a_{Zg}^o &= \dot{V}_{Zg} + \frac{V_{Zg}V_{Yg}}{R} + V_{Xg}V_{Zg} \tan \varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

Переносне прискорення викликано кутовий швидкістю обертання Землі, і його складові в перерахунку в земну систему координат визначаються відповідно до виразів:

$$\begin{aligned} a_{Xg}^p &= U^2 R \sin \varphi \cos \varphi; \\ a_{Yg}^p &= -U^2 R \cos^2 \varphi; \\ a_{Zg}^p &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Акселерометри, жорстко встановлені в зв'язаній системі координат, вимірюють проекції кажучого прискорення, в яких враховуються всі три складові: каріолісово, відносне і прискорення сили тяжіння. Шляхом перерахунку цього прискорення в географічну систему координат отримують складові n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg} :

$$\begin{aligned} n_{Xg} &= \dot{V}_{Xg} + \frac{V_{Zg}^2}{R \tan \varphi} + \frac{V_{Xg}V_{Yg}}{R} + 2UV_{Zg} \sin \varphi; \\ n_{Yg} &= \dot{V}_{Yg} + \frac{V_{Zg}^2}{R} - \frac{V_{Xg}^2}{R} - 2UV_{Zg} \cos \varphi + g; \\ n_{Zg} &= \dot{V}_{Zg} + \frac{V_{Zg}V_{Yg}}{R} + \frac{V_{Xg}V_{Zg}}{R \tan \varphi} + 2U(V_{Yg} \cos \varphi - V_{Xg} \sin \varphi). \end{aligned} \quad (7)$$

де $\dot{V}_{Zg}, \dot{V}_{Yg}, \dot{V}_{Xg}$ — складові прискорення об’єкта відповідно по осях Z_g, Y_g, X_g географічної системи координат.

Отже, для використання в навігаційному алгоритмі БІНС показань акселерометрів з них необхідно витягти $\dot{V}_{Zg}, \dot{V}_{Yg}, \dot{V}_{Xg}$ — складові прискорення об’єкта відповідно по осях Zg, Yg, Xg географічної системи координат шляхом видалення з них шкідливих складових: прискорення Кариоліса, відносного прискорення і прискорення сили тяжіння:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{xg} &= n_{Xg} - \Delta n_{Xg}; \\ \dot{V}_{yg} &= n_{Yg} - \Delta n_{Yg}; \\ \dot{V}_{zg} &= n_{Zg} - \Delta n_{Zg}, \end{aligned} \tag{8}$$

де $\Delta n_{Zg}, \Delta n_{Yg}, \Delta n_{Xg}$ — шкідливі складові: прискорення Кариоліса, відносного прискорення і прискорення сили тяжіння відповідно по осях Zg, Yg, Xg географічної системи координат:

$$\begin{aligned} \Delta n_{Xg} &= \frac{V_{Zg}^2}{R \tan \varphi} + \frac{V_{Xg} V_{Yg}}{R} + 2UV_{Zg} \sin \varphi; \\ \Delta n_{Yg} &= \frac{V_{Zg}^2}{R} - \frac{V_{Xg}^2}{R} - 2UV_{Zg} \cos \varphi + g; \\ \Delta n_{Zg} &= \frac{V_{Zg} V_{Yg}}{R} + \frac{V_{Xg} V_{Zg}}{R \tan \varphi} + 2(V_{Yg} U \cos \varphi - UV_{Xg} \sin \varphi). \end{aligned} \tag{9}$$

Навігаційний алгоритм БІНС при інтегруванні співвідношень (8) обчислює складові лінійних швидкостей:

$$\begin{aligned} V_{Xg} &= V_{Xg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Xg} - \Delta n_{Xg}) dt; \\ V_{Yg} &= V_{Yg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Yg} - \Delta n_{Yg}) dt; \end{aligned} \tag{10}$$

$$V_{Zg} = V_{Zg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Zg} - \Delta n_{Zg}) dt.$$

де $V_{Zg}(t_0), V_{Yg}(t_0), V_{Xg}(t_0)$ — складові вектору швидкості в початковий момент часу t_0 .

Кутові координати об’єкта і висота визначаються при вторинному інтегруванні (2) з урахуванням початкових значень координат і висоти:

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_{Xg}}{R} dt; \\ \lambda &= \lambda_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_{Zg}}{R \cos \varphi} dt; \\ h &= h_0 + \int_{t_0}^t V_{Yg} dt. \end{aligned} \tag{11}$$

де $\varphi_0, \lambda_0, h_0$ — складові координат об’єкта в початковий момент часу t_0 .

Навігаційний алгоритм БІНС, заснований на наведених співвідношеннях, представлений на рис. 1 у вигляді структурної схеми [3].

Математична модель блоку системи орієнтації (БСО), хоча і не включена в схему, є складовою частиною алгоритму БІНС, тому що визначення кутової орієнтації рухомого об’єкта необхідно для вирішення завдання навігації. Ця модель досить докладно розглянута в [8–15].

Модель БІНС в середовищі Matlab Simulink представлена на рис. 2. На схемі в якості основних датчиків представлені ДУС і акселерометри, які відіграють основну роль у роботі БІНС, а також магнітометри, що дозволяють реалізувати комплексування БСО [14, 15].

В схемі є блок імітації вихідних даних для завдання кутів ψ, ν, γ і параметрів прискорення

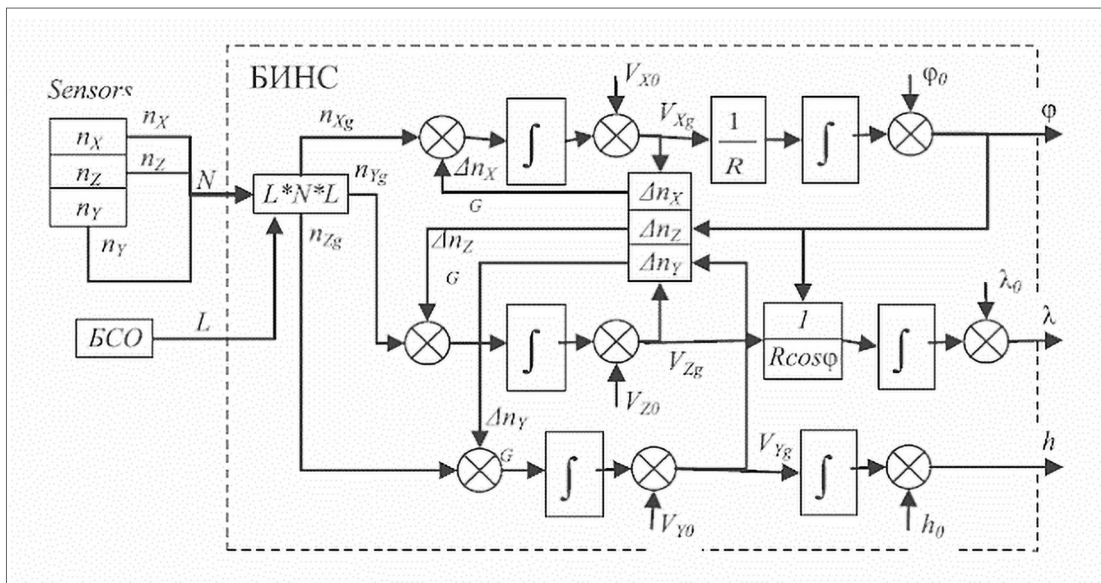


Рис. 1. Структурна схема алгоритму БІНС

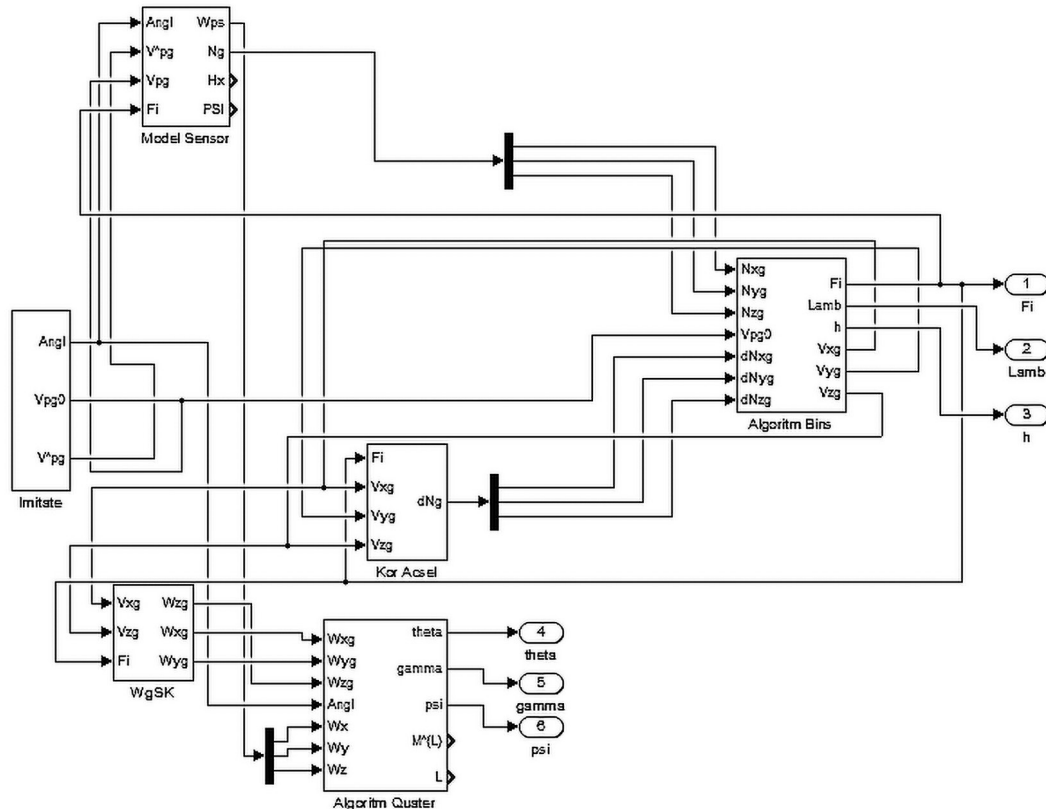


Рис. 2. Модель БІНС середовище Matlab Simulink

об’єкта в земній системі координат (в даному випадку по синусоїдальним законам в дозволених межах). Завдання інших необхідних параметрів для функціонування БСО і БІНС здійснюється у відповідних блоках моделі.

Схема моделі БІНС містить наступні блоки:

Блок *Imitate* імітує кутовий рух БПЛА з урахуванням зміни кутів тангажу, крену і ристання по синусоїдальним законам і з урахуванням руху апарату вздовж Землі з лінійною швидкістю. Крім того, блок імітує абсолютне прискорення апарату за синусоїдальним законом в географічній системі координат.

Блок *Model Sensor* включає датчики вимірювального модуля ІМУ (ДУС, акселерометр і магнітометр) і формує три складові абсолютної кутової швидкості ($\omega_{XS}, \omega_{YS}, \omega_{ZS}$), три компоненти уявного прискорення в зв’язаній системі координат (n_X, n_Y, n_Z), а також проекції вектору напруженості магнітного поля Землі (m_X, m_Y, m_Z) на осі зв’язаної системи координат.

Блок моделювання прискорень *Acselemete*, що входить до складу блоку *Model Sensor* працює на основі даних про складові прискорення об’єкта відповідно по осях географічної системи координат, даних про вугілля широти місця φ і значень прискорення вільного падіння.

Спочатку в блоці виробляються сигнали по відомим формулам (7) [4]. Потім вони перераховуються в дані для виходів акселерометрів — Nk за допомогою матриці напрямних косинусів A_0 .

Вираз (7) містить всі складові уявного прискорення в земній системі координат: $Ng = [n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg}]$. Далі, перерахувавши компоненти n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg} в пов’язану систему координат, отримуємо компоненти уявного прискорення безпосередньо з виходів датчиків — акселерометрів (n_X, n_Y, n_Z).

Блок *Algorithm Quater* системи орієнтації, здійснює рішення кінематичного рівняння Пуассона в кватерніонах кутового руху БПЛА на основі інформації, одержуваної з ДУС і додаткових датчиків. Схема блоку представлена на рис. 3.

Блок *Algorithm Bins* здійснює інтегрування скомпенсованих сигналів акселерометрів і видає координати об’єкта у вигляді параметрів φ, λ, h . У блок подається вектор уявного прискорення, отриманий в результаті компенсації помилок в земній системі координат: $Ng = [n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg}]$, на виході в результаті інтегрування виходить вектор координат $C = [\varphi, \lambda, h]$. Схема блоку представлена на рис. 4.

Блок *Kor Acsel* обчислює помилки акселерометрів, пов’язані з уявним прискоренням. Ці помилки у вигляді поправки dNg компенсуються перед інтеграцією сигналів прискорень — в результаті виходять справжні координати об’єкта. Схема блоку працює на основі формул (9).

Блок *WgSK* призначений для отримання даних у вигляді вектору Ng шляхом перетворення даних з акселерометрів в земну систему координат.

Для проведення досліджень використана конфігурація БІНС з 2-ма інерційних блоками (3-х осьо-

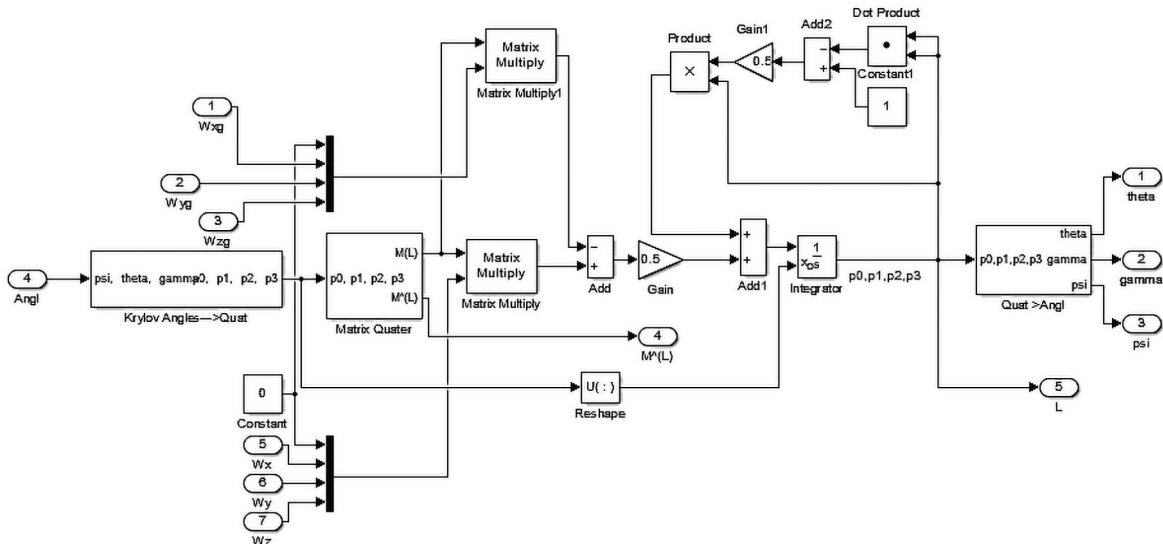


Рис. 3. Схема моделі блока орієнтації в кватерніонах

вий гіроскоп, 3-х осьовий акселерометр, 3-х осьовий магнітометр, датчик тиску і датчик температури). Один з вимірювальних модулів розташований неортогонально щодо пов'язаної системи координат. Неортогонально розташований інерційний блок встановлений на бічній грані усіченого тетраедра. Функціональна схема експериментальної БІНС представлена на рис. 5 [15].

Для моделювання показань неортогональної розташованого блоку системи орієнтації в сигнал одного з модулів (гіроскопа, а потім і акселерометра), вносилися додаткова складова (до 10% модульованого сигналу) і шум у межах паспортних даних модуля. Похибки орієнтації визначалися щодо даних ортогонально розташованого вимірювального модуля.

На першому етапі моделювання була використана модель дослідження БІНС в середовищі Matlab Simulink, представлена на рис. 6.

На цьому етапі досліджувався алгоритм орієнтації БІНС в параметрах Родріго-Гамільтона (в кватерніонах) з метою його використання для вирішення завдань раціонального управління. Похибки орієнтації за параметрами Родріга-Гамільтона проаналізовано в складі БІНС. Помилки не перевищують 0.05 градуса при усіх варіантах БСО.

На другому етапі моделювання досліджувався поведінку БІНС при різних комбінаціях вимірників. Визначалися параметри орієнтації і результати вирішення навігаційного завдання в разі виходу з ладу гіроскопа одного з модулів і акселерометра.

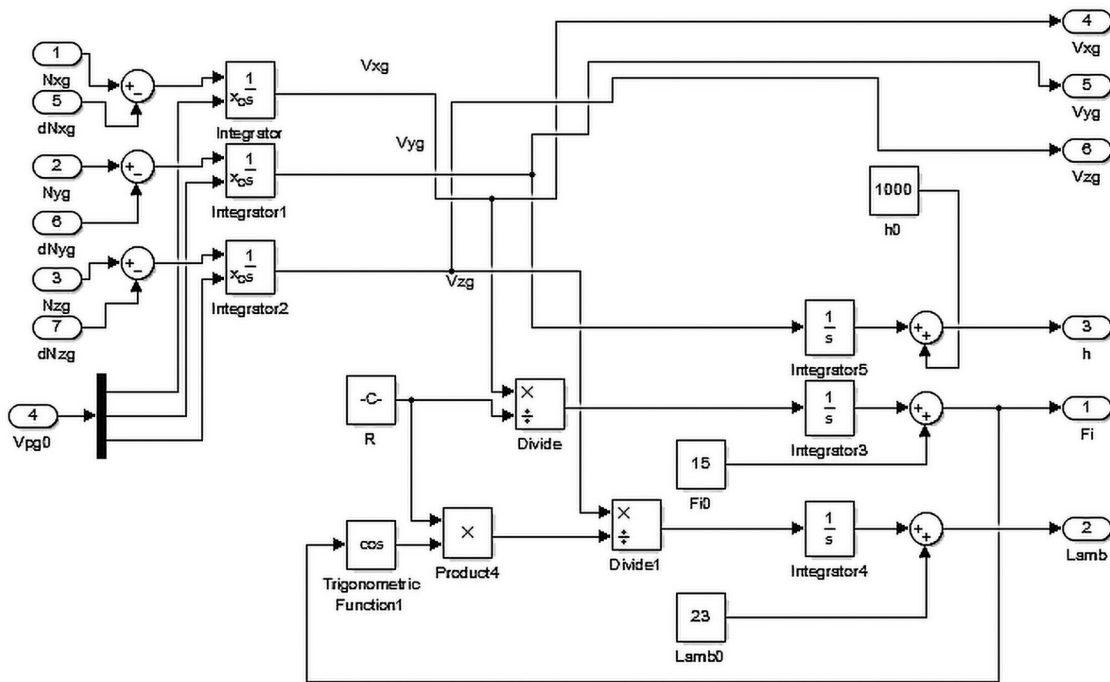


Рис. 4. Блок обчислення координат в земній системі координат

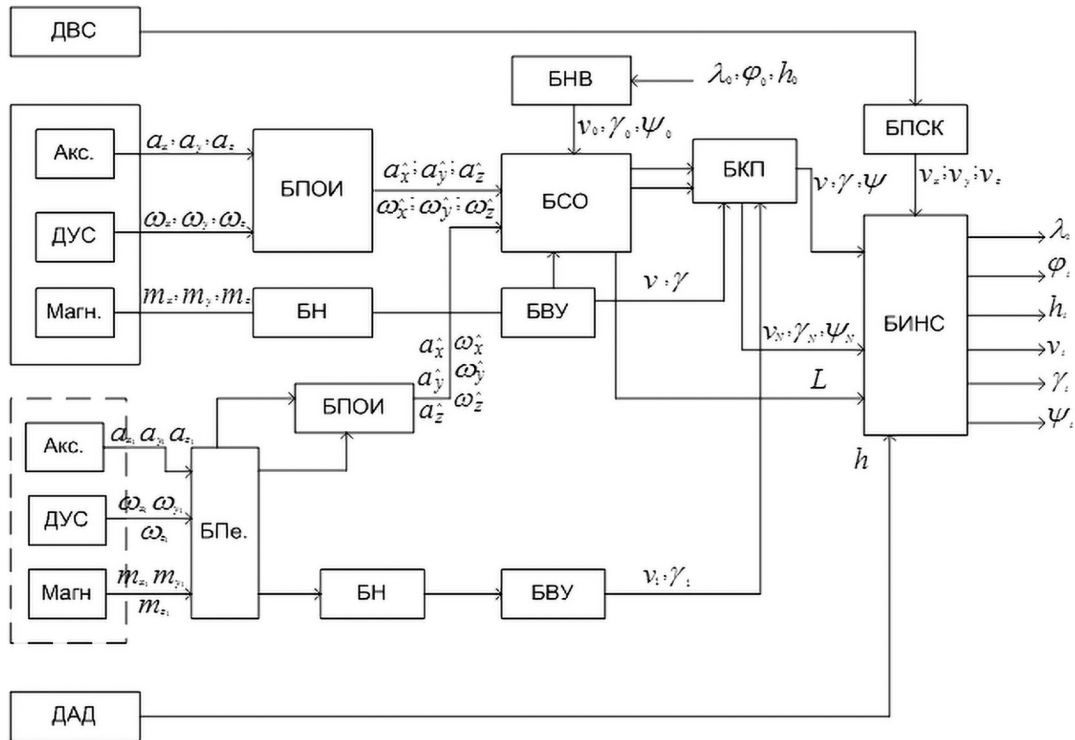


Рис. 5. Функціональна схема експериментальної БІНС

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Аналіз отриманих результатів показав, що вихід з ладу гіроскопа практично не впливає на рішення навігаційної завдання, а помилки визначення висоти знаходяться в межах $\delta h_{\max} = 7\%$. Вихід з ладу акселерометра призводить до помилок рішення навігаційної завдання: по широті $\Delta\varphi_{\max} = 14.5''$ і $\Delta\lambda_{\max} = 11''$, що відповідає похибки визначення широти в 448 м і довготи в 322 м. При цьому похибки орієнтації значно збільшуються при усіх варіантах комбінацій вимірників.

Експериментальне дослідження розробленої БІНС (рішення навігаційного завдання) проводилося шляхом запису параметрів вимірювальних датчиків з подальшою обробкою на розробленій моделі. Рух здійснювалося по заданому маршруту, вихідні параметри БІНС після обробки відображались на карті.

Як показав аналіз отриманих даних, як і при моделюванні в середовищі Matlab Simulink, не всі комбінації вимірників (варіанти БІНС) можуть бути використані в якості рівноцінних при вирішенні

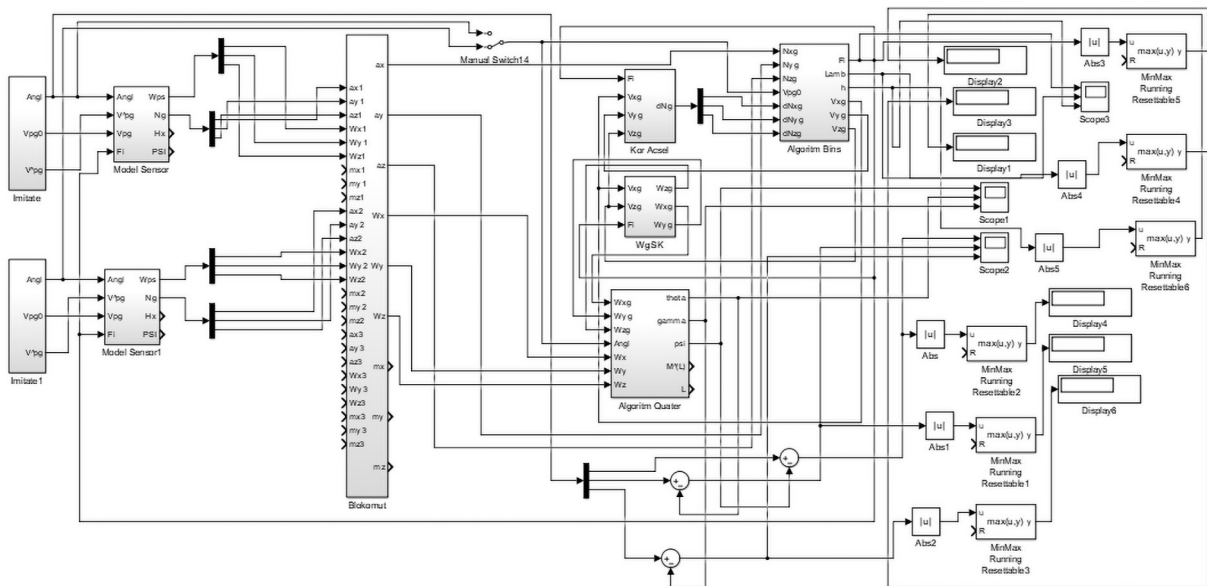


Рис. 6. Модель дослідження БІНС з неортогональними розташованими блоками вимірників

завдань раціонального управління. А частина комбінацій у зв'язку зі значним впливом зовнішніх магнітних полів на роботу магнітометрів, невисокою точністю МЕМС датчиків і їх нестабільною роботою призводить до значних спотворень результатів обчислень.

Похибки орієнтації по всіх кутках майже на порядок вище, ніж ті що отримані при моделюванні роботи БІНС в середовищі Matlab Simulink. Помилки рішення навігаційної завдання за результатами експерименту призводять до відхилень від маршруту по координатним осях до 50 м.

Література

1. Алешин Б. С., Веремеенко К. К., Черноморский А. И. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / под ред. Черноморского А. И. М.: ФИЗМАТЛИЗ, 2006. 424 с.
2. Дмитриченко Л. А., Гора В. П., Савинов Г. Ф. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы [Текст] / Уч. пособие. М.: изд-во МАИ, 1984. 62 с.
3. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем [Текст] / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов / Под. общ. ред. д.т.н. В. Я. Распопова. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор», 2009. 280 с.
4. Распопов В. Я. Микросистемная авионика: учебное пособие. [Текст]. Тула: «Гриф и К», 2010. 248 с.
5. Мелешко В. В., Нестеренко О. И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: учебное пособие. [Текст]. Кировоград: ПОЛИМЕД-Сервис, 2011. 172 с.
6. Белочкин П. Е., Кацай Д. А. Особенности моделирования бесплатформенной системы ориентации по уравнениям Эйлера в среде Matlab и Mathcad. [Текст] // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5. С. 18–20.
7. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов [Текст] / Под. ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 556 с.
8. Jafari M. and Roshanian J. Optimal redundant sensor configuration for accuracy and reliability increasing in space inertial navigation systems // Journal of Navigation. 2013. Vol. 66. No. 2. P. 199–208.
9. Dai X., Zhao L. Optimal sensor fusion in redundant inertial measurement unit // Applied Mechanics and Materials. 2013. Vol. 433–435. P. 250–253.
10. Cheng J., Dong J., Landry R. J., Chen D. A novel optimal configuration form redundant MEMS inertial sensors based on the orthogonal rotation method // Journal Sensors. 2014. Vol. 14. P. 13661–13678.
11. Водичева Л. В. Повышение надежности и точности бесплатформенного инерциального измерительного блока при избыточном количестве измерений [Текст] // Гироскопия и навигация. 1997. № 1. С. 55–67.
12. Волков В. Л., Жидкова Н. В. Обработка информации в системе ориентации на основе МЭМС. [Текст] // Труды Нижегородского гос. техн. ун-та им. Р. Е. Алексеева, 2015. № 3 (110). С. 279–286.
13. Лазарев Ю. Ф., Бобровицька Я. Г. Розроблення і моделювання алгоритмів безплатформеної системи орієнтації [Текст]. К.: НТУУ «КПІ», 2006. 135 с.
14. Моделювання відмовостійкого каналу орієнтації безплатформеної навігаційної системи в середовищі MATLAB SIMULINK / А. П. Паршин // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: «Інформатика і моделювання». Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 3(1). С. 74–84.
15. Рациональное управление объектами: теория и приложения [Текст]: монография / Е. В. Гавриленко [и др.]; под общ. ред. А. С. Кулика. Харьков.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2018. 309 с.

References

1. Aleshin B. S., Veremeenko K. K., Chernomorsky A. I. Orientation and navigation of mobile objects: modern information technologies / ed. Chernomorskogo A. I. M.: FIZMATLIZ, 2006. 424 p.
2. Dmitrichenko L. A., Gora V. P., Savinov G. F. Strapdown inertial navigation systems [Text] / Uch. allowance. M.: publishing house MAI, 1984. 62 p.
3. Basics of building strapdown inertial navigation systems [Text] / V. V. Matveev, V. Ya. Raspopov / Under. total ed. Doctor of Technical Sciences V. Ya. Raspopov. SPb.: State Scientific Center of the Russian Federation OJSC «Concern TsNII» Elektropribor». 2009. 280 p.
4. Raspopov V. Ya. Microsystem avionics: a tutorial. [Text] Tula: «Grif and K», 2010. 248 p.
5. Meleshko V. V., Nesterenko O. I. Strapdown inertial navigation systems: a tutorial. [Text]. Kirovograd: POLYMED-Service, 2011. 172 p.
6. Belochkin P. E., Katsay D. A. Features of modeling a strapdown attitude control system according to the Euler equations in Matlab and Mathcad. [Text] // Modern high technologies. 2014. No. 5. P. 18–20.
7. Modern information technologies in the tasks of navigation and guidance of unmanned maneuverable aircraft [Text] / Under. ed. M. N. Krasil'shchikova, G. G. Sebyakov. M.: FIZMATLIT, 2009. 556 p.
8. Jafari M. and Roshanian J. Optimal redundant sensor configuration for accuracy and reliability increasing in space inertial navigation systems // Journal of Navigation. 2013. Vol. 66. No. 2. P. 199–208.

9. Dai X., Zhao L. Optimal sensor fusion in redundant inertial measurement unit // *Applied Mechanics and Materials*. 2013. Vol. 433–435. P. 250–253.
10. Cheng J., Dong J., Landry R. J., Chen D. A novel optimal configuration form redundant MEMS inertial sensors based on the orthogonal rotation method // *Journal Sensors*. 2014. Vol. 14. P. 13661–13678.
11. Vodicheva L. V. Improving the reliability and accuracy of the strapdown inertial measuring unit with an excessive number of measurements [Text] // *Gyroscopy and navigation*. 1997. No. 1. P. 55–67.
12. Volkov V. L., Zhidkova N. V. Information processing in the MEMS-based attitude control system. [Text] // *Proceedings of the Nizhny Novgorod state. tech. un-ta them. R. E. Alekseeva*, 2015. No. 3 (110). P. 279–286.
13. Lazarev Yu. F., Bobrovitska Ya. G. Breakdown and modeling of algorithms in a platform-free system and organization [Text]. K.: NTUU «KPI». 2006. 135 p.
14. Modeling the communication channel of the platform-free navigation system in the MATLAB SIMULINK middle / A. P. Parshin // *Bulletin of NTU «KhPI». Series: «Computer Science and Modeling»* — Kharkiv: NTU «KhPI». 2020. No. 3 (1). P. 74–84.
15. Rational management of objects: theory and applications [Text]: monograph / E. V. Gavrilenko [and others]; under total. ed. A. S. Kulik. Kharkiv.: Nat. aerospace un-t them. N. Ye. Zhukovsky «Kharkov. Aviation in-t», 2018. 309 p.

Репнікова Наталія Борисівна

*кандидат технічних наук, доцент,
викладач факультету інформатики та обчислювальної техніки
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Репникова Наталия Борисовна

*кандидат технических наук, доцент,
преподаватель факультета информатики и вычислительной техники
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Repnikova Nataliya

*PhD, Associated Professor of the Faculty of Informatics and Computer Science
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Гнип Владислав Віталійович

*студент факультету інформатики та обчислювальної техніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Гнип Владислав Витальевич

*студент факультета информатики и вычислительной техники
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Гнуп Vladyslav

*Student of the Faculty of Informatics and Computer Science of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2021-5-7169

**УЗАГАЛЬНЕННЯ УМОВ ВИКОНАННЯ СИНТЕЗУ
БАГАТОЗВ'ЯЗНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
З ЗАДАНОЮ ЯКІСТЮ**

**ОБОБЩЕНИЕ УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ СИНТЕЗА
МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
С ЗАДАНЫМ КАЧЕСТВОМ**

**GENERALIZING THE CONDITIONS FOR THE SYNTHESIS
OF MULTICONNECTED CONTROL SYSTEMS
WITH A PRESET QUALITY**

Анотація. Розглядається проблема забезпечення високої якості синтезу певного класу систем керування, що описуються векторно-матричними рівняннями. Пропонується узагальнити умови вибору коренів характеристичного рівняння і розмірності нульових елементів відповідних матриць для синтезу цифрових багатозв'язних систем керування. Приведено результати моделювання з використанням прикладного пакету Matlab/Simulink.

Ключові слова: якість синтезу, векторно-матричні рівняння, розмірність матриць, багатозв'язні цифрові системи.

Аннотация. Рассматривается проблема обеспечения высокого качества синтеза определенного класса систем управления, которые описываются векторно-матричными уравнениями. Предлагается обобщить условия выбора корней характеристического уравнения и размерности нулевых элементов соответствующих матриц для синтеза цифровых многосвязных систем управления. Приведены результаты моделирования с использованием прикладного пакета Matlab/Simulink.

Ключевые слова: качество синтеза, векторно-матричные уравнения, размерность матриц, многосвязные цифровые системы.

Summary. Considered the problem of ensuring high quality synthesis of control systems described with vector-matrix equations. Proposed to generalize conditions of choosing the roots of the characteristic equation and dimensionality of the zero elements of the corresponding matrices for synthesis of digital multiconnectional control systems. Shown results of modeling using Matlab / Simulink application package.

Key words: synthesis quality, vector-matrix equations, matrix dimensionality, digital multiconnectional systems.

Вступ. Як відомо, під терміном «багатозв’язні» розуміють системи з r входами та l виходами, які впливають один на одного, що приводить до взаємної залежності каналів керування. Для аналізу та синтезу таких систем в багатьох випадках використовують метод простору станів [1], де динаміка цифрової системи описується рівняннями виду:

$$\begin{cases} x[n+1] = Ax[n] + Bu[n] \\ y[n] = Cx[n] + Du[n] \end{cases}, \quad (1)$$

де A, B, C і D — матриці відповідних розмірностей.

На теперішній час існує багато прикладів синтезу цифрових систем керування з використанням методу простору станів для систем з одним входом та одним виходом та різних модифікацій методу з використанням зворотнього зв’язку за станом. Задача синтезу ускладнюється, коли розглядаються питання створення багатозв’язних систем з забезпеченням високої якості керування.

Основна частина. Для вирішення задачі синтезу розглядається цифрова система керування, яка описується рівняннями (1), де у загальному вигляді матрицями мають вид:

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \\ B &= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1r} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nr} \end{bmatrix} \\ C &= \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{ln} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

При цьому задачею синтезу багатовимірних систем керування є не тільки розташування коренів у наперед задане положення, але й нейтралізація

перехресних зв’язків у багатозв’язному об’єкті керування.

Нейтралізація перехресних зв’язків у багатозв’язному об’єкті керування у літературі отримала назву «розв’язання каналів». Необхідно виконати синтез цифрової системи управління, при якому:

- вихідний сигнал при $n \rightarrow \infty$ дорівнював би вхідній дії;
- перехідний процес замкнутої системи відповідав би бажаним показникам якості: скорочення часу регулювання, нульова похибка в усталеному режимі та нульове перерегулювання;
- виконується умова повної керованості та спостережуваності;
- моделювання досліджуваної системи виконується за допомогою пакету Matlab/Simulink [2] наступної схеми (рис. 1).

Для розрахунку коефіцієнтів зворотного зв’язку за станом використовуємо формулу розрахунку, запропоновану в [3].

$$K = [CB]^{-1}[CA - TC], \quad (3)$$

де T — матриця з діагональними елементами, які є коренями бажаного характеристичного рівняння.

В якості прикладу розглянемо багатозв’язну цифрову систему керування з відповідними матрицями (4):

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} 5 & -1 & 3 \\ 2 & 9 & 1 \\ 98 & -1 & 2 \end{bmatrix} & B &= \begin{bmatrix} 2 & 4 & 2 \\ 14 & -2 & -8 \\ -1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \\ C &= \begin{bmatrix} -3 & 0 & -0.2 \\ 122 & 1 & 9 \\ -9 & 1 & 9 \end{bmatrix} & D &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

Виконаємо серію досліджень використовуючи (3) для визначення першої умови можливості виконання синтезу з означеною якістю цифрової системи, а саме, *умови вибору коренів бажаного характеристичного рівняння.*

Пропонується обирати корені кратними та різними. Результати дослідження представлені у таблиці 1.

Таким чином, як видно з отриманих результатів, хоча різні корені і забезпечують стійкість системи

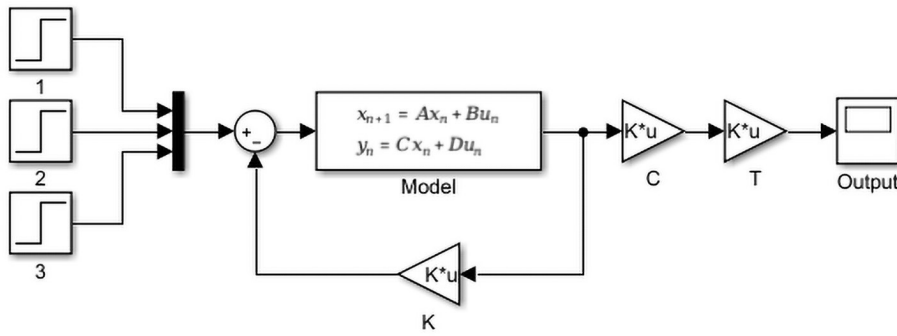


Рис. 1. Схема моделі системи третього порядку з регулятором зворотного зв’язку за станом
Джерело: авторська розробка

та нульове перерегулювання, але спостерігається достатньо велика помилка. Для забезпечення заданої якості синтезу багатозв’язної цифрової системи необхідно обирати кратні корені характеристичного рівняння.

В якості наступного прикладу будемо розглядати систему з неквадратними матрицями **B** та **C**.

Пропонуємо для виконання вимог синтезу та визначення другої умови, а саме, умови вибору розмірності нульових елементів відповідних матриць, використовувати наступну модель:

$$\begin{aligned}
 A &= \begin{bmatrix} Ч & Ч & Ч \\ Ч & Ч & Ч \\ Ч & Ч & Ч \end{bmatrix} & B &= \begin{bmatrix} Ч & Ч \\ Ч & Ч \\ Ч & Ч \end{bmatrix} \\
 C &= \begin{bmatrix} Ч & Ч & 0 \\ Ч & Ч & 0 \end{bmatrix} & D &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{5}$$

В моделі (5) літерою «Ч» відмічені позиції, де може бути будь-яке за величиною та знаком число.

В якості прикладу розглянемо багатозв’язну цифрову систему керування з матрицями:

$$\begin{aligned}
 A &= \begin{bmatrix} -0.3 & 3 & 0.1 \\ -0.1 & -0.5 & 0 \\ 1 & 1 & -0.1 \end{bmatrix} & B &= \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ -1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \\
 C &= \begin{bmatrix} 1.2 & -0.1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix} & D &= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Перевіримо керованість заданої системи, оцінивши ранг матриці керованості (рис. 2).

Система є керованою, оскільки ранг матриці керованості рівний порядку системи, розраховуємо матрицю коефіцієнтів зворотного зв’язку (рис. 3) та виконаємо моделювання досліджуваної системи.

Графіки перехідних процесів представлені на (рис. 4).

Як видно з графіків перехідних процесів, синтезована багатозв’язна цифрова система забезпечує високу якість керування.

Таблиця 1

Вплив коренів на показники якості цифрової системи

№	K1	K2	K3	Стійкість	Перерегулювання	Помилка регулювання	Час перехідного процесу
1	0.1	0.1	0.1	так	0	0	0.2
2	0.2	0.2	0.2	так	0	0	0.2
3	0.3	0.3	0.3	так	0	0	0.3
4	0.4	0.4	0.4	так	0	0	0.4
5	0.5	0.5	0.5	так	0	0	0.5
10	0.1	0.11	0.12	так	0	-0.68 1.3 -1.955	1.2,0.2,0.2
11	0.3	0.4	0.5	так	0	-2.25 3.6 -4.69	1.7,1.2,0.2
12	0.01	0.02	0.03	так	0	-6.76 7.2 -7.815	1.1,1.1,0.1

```
>> P = ctrb(A1,B1)

P =

    2.0000    3.0000   -3.5000    5.2000    2.0400   -4.9700
   -1.0000    2.0000    0.3000   -1.3000    0.2000    0.1300
    1.0000    1.0000    0.9000    4.9000   -3.2900    3.4100

>> rank(P)

ans =

    3
```

Рис. 2. Матриця керованості та її ранг
Джерело: авторська розробка

```
>> K1 = inv(C1*B1)*(C1*A1 - T1*C1)

K1 =

   -0.0714    1.1143    0.0286
   -0.0857    0.2571    0.0143
```

Рис. 3. Матриця регулятора зворотного зв'язку за станом
Джерело: авторська розробка

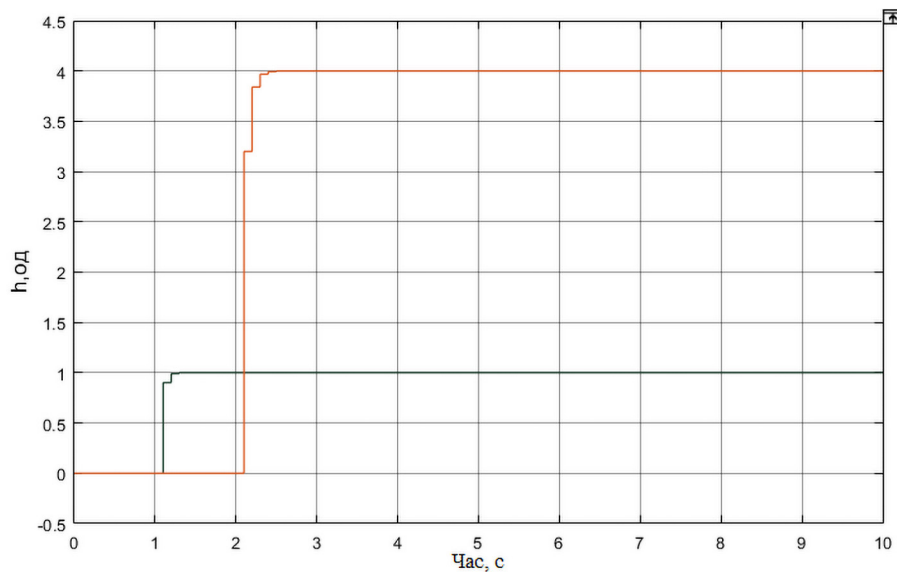


Рис. 4. Перехідні процеси
Джерело: авторська розробка

Висновки. Таким чином, у статті запропоновано узагальнення умов для виконання синтезу заданої якості цифрових багатозв'язних систем керування: умови вибору коренів характеристичного рівняння та умови вибору розмірності нульових елементів відповідних матриць.

Проведені серії експериментальних досліджень показали, що узагальнення умов дозволило синтезувати цифрові багатозв'язні системи з високою якістю не тільки зі стандартними, ай з неквадратними матрицями.

Література

1. Arie Nakhmani. Modern Control: State-Space analysis and design metod / McGraw — Hill Education. 2020.
2. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+Matlab. Визуальное математическое моделирование / В.П. Дьяконов. СОЛОН. Пресс. Москва, 2010.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. / Р. Изерман. Москва: Мир, 1984. 541 с.

Царегородцев Дмитрий Александрович

магистрант кафедры информационных систем и технологий

Казанского федерального университета

Tsaregorodtsev Dmitry

Master Student of the Department of Information System and Technology

Kazan Federal University

ВЕРТИКАЛЬНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ СХЕМА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

VERTICAL NONLINEAR DATA STORAGE SCHEME IN CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

Аннотация. Разработана гибкая схема хранения данных для мастер-справочником корпоративных информационных систем. Предусмотрена основа функционала для постобработки данных

Ключевые слова: архитектура корпоративных систем, хранение данных, базы данных.

Summary. A flexible data storage scheme has been developed for the master directory of corporate information systems. Provides a basis for post-processing functionality

Key words: architecture of corporate systems, data storage, database.

Вступление. Корпоративная информационная система — это система, которая нацелена на автоматизацию процессов при ведении многих видов деятельности внутри компании [1]. Несмотря на то, что корпоративные системы не обладают такими же темпами устаревания, как системы, нацеленные на продажу и максимально частую итерацию обновления, они все же требуют масштабирования и развития. Чем лучше система будет отвечать на требования компании к автоматизации, тем выше будут достигнуты результаты.

Чаще всего информационная система подразумевает собой сеть взаимосвязанных подсистем, сервисов, микро-сервисов, которые обмениваются данными с помощью интеграционных решений [2]. В ряде звеньев этой цепи используются мастер-справочники. Мастер-справочник — это система, которая является центральным хранилищем в какой-то предметной области. Другие подсистемы, либо сервисы, используют ту часть данных справочника, которая необходима для их работы. Зависимые подсистемы используют либо данные напрямую из источника, либо используют кеш на своей стороне, либо пользуются помощью сторонних решений в получении данных из справочника. Сторонним решением может являться отдельная база данных, которая содержит срез основных нечувствительных

данных, по которым поступают запросы чаще всего, либо BI-решения, основанные на отчетах по данным [3, с. 196–199]. Примером мастер-справочника может служить система, которая хранит в себе всю информацию о сотрудниках. Грамотное проектирование и организация структуры хранения данных является очень важной задачей.

Проблематика темы и решения поставленных задач. Мастер-справочник хранит в себе данные о каком-то ключевом предмете, причем ключевых предметов может быть несколько. Обозначим ключевой предмет, как сущность. Сущность должна обладать набором свойств и значений, которые ее характеризуют. Чтобы реализовать хранение таких данных можно воспользоваться линейным отображением [4]. В качестве хранилища данных будем рассматривать реляционную базу данных, а в качестве парадигмы на уровне исходного кода — объектно-ориентированное программирование. Линейное отображение подразумевает, что каждая сущность будет представлена в виде отдельной таблицы, а свойство сущности — колонкой в таблице. Соответственно на уровне программного кода каждая сущность — это класс, где свойства — поля класса. Данный подход не отличается гибкостью потому, что при заведении новых свойств, необходимо добавлять новый столбец в таблице, вносить новое поле в классе, что при

нарастающем количестве свойств раздует соответствующие таблицы и классы. Последствия негативно отразятся на поддержке и сопровождении проекта, что неминуемо приводит к более скорой гибели системы в будущем. Линейное представление данных также ограничивает функциональные возможности системы

Гибким решением данного вопроса является нелинейное вертикальное хранение [5]. Вместо хранения всей информации в одной таблице по сущности, выносим в несколько таблиц. В первую очередь необходимо разделить сущность от ее свойств. Для этого будет заведено несколько таблиц. Первая таблица отражает типы свойств. Данная таблица служит для определения типа данных на уровне языка программирования, который будет работать с этими данными. Во второй таблице будут храниться метаданные свойства. К метаданным свойствам относится ссылка на тип сущности, на тип данных из первой таблицы, системное имя. Здесь же мы можем указать данные для валидации данных при их обработке (регулярные выражения, методы, вызываемые через рефлексию в исходном программном коде), а также методы постобработки данных. На уровне мета-свойств появилась возможность разграничить права на редактирование данных на уровне отдельных значений, путем ссылки на доступные для данного поля роли. Такая функциональность была недоступна при линейном отображении. Следующей таблицей будут представлены значения свойств. В данной таблице будет ссылаться на мета-свойство, сущность, значение которой отображено, а также само значения. Данную таблицу можно расширить полями начала и окончания действия значения. Таким образом появляется возможность отслеживать изменения конкретных полей [6]. Историчность данных была также недоступна при линейном ведении

данных. Названия свойств, доступное для просмотра в клиентском приложении, также следует вынести в отдельную таблицу, в которой можно обеспечить поддержку нескольких языков. В таблице самой сущности останется лишь уникальный идентификатор, тип сущности и системная информация. В качестве типа сущности может выступать ссылка на таблицу типов, либо целочисленные значения. Системную информацию справедливо вести во всех таблицах, чтобы фиксировать дату и время изменения данных, а также каким пользователем она была произведена [7]. На рисунке 1 представлена диаграмма сущностей.

Анализ решения. Быстродействие выбранного решения имеет немаловажную роль. Проведем эксперимент на примере компании с численностью от 100 человек до 10000. Также будем использовать разное количество свойств: от 10 до 100. Фиксируем среднее время среди 100 запросов. Исследуем время, которое требуется для запроса поиска сотрудника по фамилии. Тестовая машина, на которой производится исследование, имеет 12 ГБ оперативной памяти и двухъядерный процессор с таковой частотой 2.4 ГГц.

На рисунке 1 продемонстрирована зависимость времени выполнения запроса от количества записей в таблице значений. В таблице 1 подробно описаны различные комбинации количества сотрудников и количества свойств.

Выводы. На основе проведенного эксперимента можно сделать вывод, что для малых или средних компаний предложенная структура данных отвечает на запросы достаточно быстро. Для крупных компаний время одного запроса может достигать 1 секунды. Однако крупные компании могут позволить повысить производительность покупкой более дорогостоящего оборудования, что должно значительно снизить время запроса.

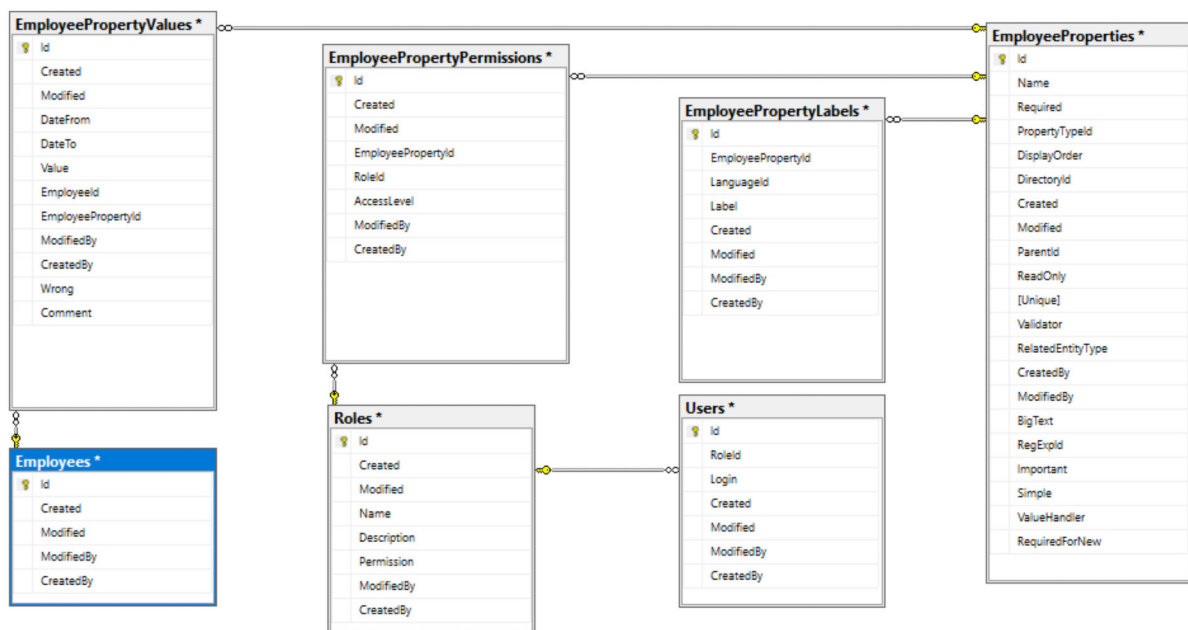


Рис. 1. Диаграмма сущностей

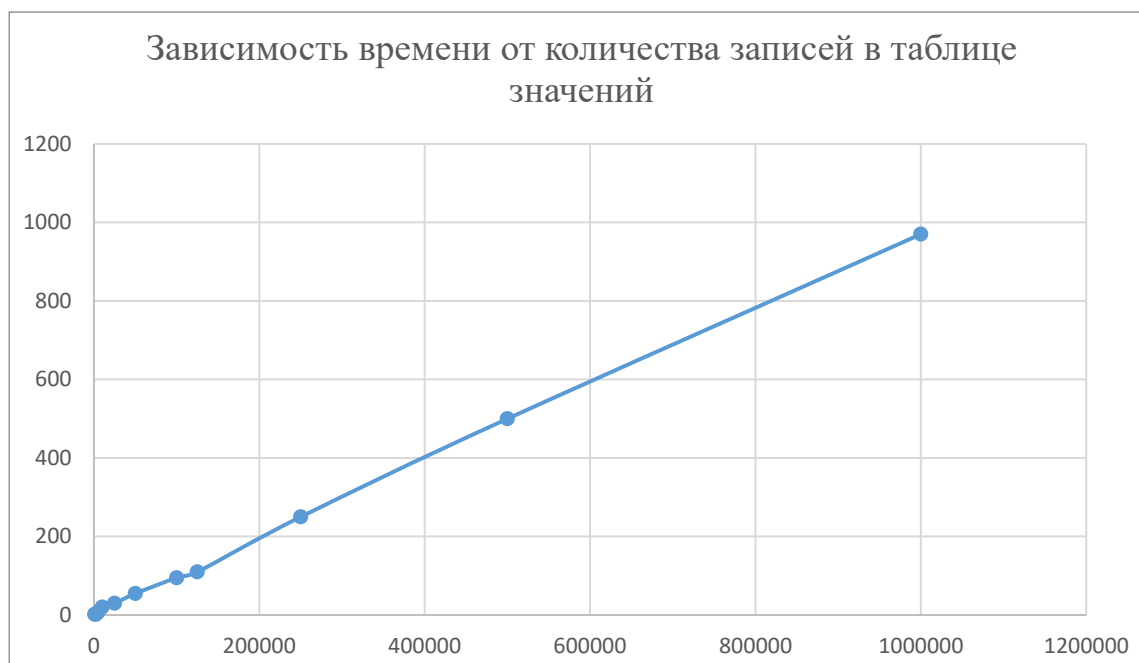


Рис. 2. График зависимость времени от количества строчек в запросе

Таблица 1

Зависимость времени выполнения запроса от количества сущностей и свойств

Сущности \ Свойства	100	1000	5000	10000
10	2мс	20мс	55мс	100мс
25	2мс	30мс	110мс	250 мс
50	7мс	55мс	250мс	500мс
100	20 мс	90мс	500мс	970мс

Литература

1. Фаулер М., Райс Д., Фоммел М., Хайэт Э., Ми Р., Стаффорд Р. Шаблоны корпоративных приложений. 4-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс. 2016. 544 с.
2. Connolly Thomas, Begg Carolyn. Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management, 6th edition. М.: «Pearson». 2015. 1440 с.
3. Плещев В. В., Старк Т. Автоматизированные адаптивные методические системы обучения в области разработки корпоративных информационных систем // ВІ-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов. 2016. С. 196–199.
4. Бейли Линн Изучаем SQL. 3-е изд.: Пер. с англ. М.: Питер. 2012. 592 с.
5. Кэмпбелл Лейн, Мейджорс Черити «Базы данных». 1-е изд.: Пер с англ. М.: Питер. 2020. 304 с.
6. Осипов Д. Л. Технологии проектирования баз данных. М.: ДМК Пресс. 2019. 498 с.
7. Джеффри У., Дженифер У. «Системы баз данных», 5-е изд.: Пер с англ. М.: Вильямс. 2017. 1088 с.

Гресь Марина Ярославівна

*викладач кафедри фізичного виховання та спорту
Державний університет «Житомирська політехніка»;
тренер-викладач відділення веслування на човнах
«Дракон» Дитячо-юнацька спортивна школа № 1 м. Житомир*

Гресь Марина Ярославовна

*преподаватель кафедры физического воспитания и спорта
Государственный университет «Житомирская политехника»;
тренер-преподаватель отделения гребли на лодках
«Дракон» Детско-юношеская спортивная школа № 1 г. Житомир*

Hres Maryna

*Lecturer of the Department of Physical Education and Sports
Zhytomyr Polytechnic State University;
Trainer-Teacher of the Department of Rowing on Boats
«Dragon» Children and Youth Sports School № 1 of Zhytomyr*

Мороз Дмитро Михайлович

*Президент федерації з веслування на човнах
«Дракон» Житомирської області*

Мороз Дмитрий Михайлович

*Президент федерации по гребле на лодках
«Дракон» Житомирской области*

Moroz Dmytro

*President
Dragon Boating Federation of Zhytomyr Region*

Шевчук Максим Дмитрович

*вчитель фізичної культури
Загальноосвітня школа I–III ступенів № 1 м. Житомир;
тренер-викладач відділення веслування на човнах
«Дракон» Дитячо-юнацька спортивна школа № 1 м. Житомир*

Шевчук Максим Дмитриевич

*учитель физической культуры
Общеобразовательная школа I–III ступеней № 1 г. Житомир;
тренер-преподаватель отделения гребли на лодках
«Дракон» Детско-юношеская спортивная школа № 1 г. Житомир*

Shevchuk Maksym

*Physical Education Teacher
Secondary School I–III degrees № 1 of Zhytomyr;
Trainer-Teacher of the Department of Rowing on Boats
«Dragon» Children and Youth Sports School № 1 of Zhytomyr*

**ФІЗИЧНА ПІДГОТОВЛЕНІСТЬ ШКОЛЯРІВ
З ВЕСЛУВАННЯ НА ЧОВНАХ «ДРАКОН» У ЖИТОМИРІ**

**ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ШКОЛЬНИКОВ
ПО ГРЕБЛЕ НА ЛОДКАХ «ДРАКОН» В ЖИТОМИРЕ**

**PHYSICAL FITNESS OF SCHOOLCHILDREN
IN ROWING ON BOATS «DRAGON» IN ZHYTOMYR**

Анотація. Підвищення рівня фізичної підготовленості спортсменів залежить від їх оволодіння формами, засобами і видами фізичної підготовки з веслування на човнах «Дракон». Фізична підготовленість розглядається як педагогічний процес, під час якого відбувається комплекс виховних, оздоровчих завдань, формуються спеціальні уміння, навички.

Ключові слова: драгонбот, веслування, човен, спорт, фізична підготовленість.

Аннотация. Повышение уровня физической подготовленности спортсменов зависит от их овладения формами, средствами и видами физической подготовки по гребле на лодках «Дракон». Физическая подготовленность рассматривается как педагогический процесс, во время которого происходит комплекс воспитательных, оздоровительных задач, формируются специальные умения, навыки.

Ключевые слова: драгонбот, гребля, лодка, спорт, физическая подготовленность.

Summary. Improving the level of physical fitness of athletes depends on their mastery of forms, means and types of physical training in rowing on boats «Dragon». Physical fitness is considered as a pedagogical process, during which there is a set of educational, health tasks, special skills are formed.

Key words: dragonboat, rowing, boat, sport, physical fitness.

Виклад основного матеріалу. У веслувальному спорті, особливо в командному веслуванні, успіх кожного веслувальника і всього колективу залежить від дружної, злагодженої роботи. Веслувальники — початківці особливо потребують наочності, в процесі вивчення нових вправ з техніки веслування їм доводиться показати та пояснити вправи по декілька раз. Ті, хто займається веслуванням протягом року та більше, нові вправи розуміють, засвоюють значно швидше [11].

Проблема полягає у способах реєстрації й інтерпретації показників спеціальної витривалості з урахуванням зміни функціонального забезпечення спеціальної робото здатності спортсменів у процесі подолання змагальної дистанції, аналіз фізичних показників спеціальної витривалості в умовах розвитку стомлення на дистанціях 200м, 500м, 2000м, 6км, 12км., у веслуванні на човнах Дракон. Залежно від обраного способу контролю показників спортсменів у циклічних видах спорту функціональні характеристики спеціальної витривалості тестують у процесі моделювання змагальної діяльності [10], спеціальні тестування проведеного згідно із протоколом в умовах критичної потужності навантаження [13]. Відмінності кількісних характеристик спеціальної витривалості, зареєстровані в умовах стійкого стану організму, перехідних режимів роботи або у процесі розвитку стомлення [3; 12; 14]. Вплив на процес оптимізації тренувальних навантажень і індивідуалізації фізичної підготовки веслувальників. У процесі спеціального контролю, що включає групу тестових завдань, які моделюють прояв спеціальної витривалості веслувальників у період стомлення [1]. У системі контролю й оцінювання спортсменів у циклічних видах спорту із проявом витривалості акценти зроблено на аналізі найбільших інформаційних та інтегральних показників реакції кардіореспіраторної системи та енергозабезпечення роботи [4], анаеробна і аеробна потужність, реакції легеневої вентиляції, частоту серцевих скорочень. У процесі аналізу було розроблено питомі значення

показників реакції КРС, енергозабезпечення роботи й роботоздатність веслувальників, відновлення легеневої вентиляції [7; 2].

Веслування — особливий вид рухової діяльності, що протікає одночасно у двох середовищах — повітряному і водному, на природних водоймах і в мінливих погодних умовах, що робить її засобом оздоровлення, загартовування, підвищення сили і витривалості, а також засобом активної розрядки [8; 9].

Драгонбот — це не Олімпійський вид спорту, але дуже розвинений в країнах Азії, а останнім часом — і інших країн Світу, він масовий, демократичний, не вимагає початкових умінь і базової спортивної підготовки.

Це видовищний і цікавий вид спорту, що має давні історичні корені. Крім того існує велика ймовірність, найближчим часом, посилення позицій драгонботу, як у спортивній так і розважальній практиці. Вже зараз проводиться величезна кількість змагань по всьому Світу для юніорів, ветеранів та в абсолютній першості для діючих спортсменів. Веслування на човнах «Дракон» з року в рік стає все більш популярним в Європі — загалом, і в Україні — зокрема. На сьогодні, цей вид спорту в Україні популяризують близько 20 клубів, що беруть участь в українських і міжнародних змаганнях з 2005 року за двома версіями: IDBF — Міжнародної федерації драгонботу і ICF — Міжнародної федерації каное. У 2005 році був проведений перший чемпіонат України, де брало участь всього лише 3 команди, у 2007 році кількість учасників збільшилася до 7 команд, за підсумками 2013 року в чемпіонаті України брало участь 14 команд. Спортсмени у складі Збірної команди України з 2005 року виступають на міжнародних змаганнях.

Драгонбот — це велике 20-місцеве каное, яке має голову дракона і хвіст. Попереду барабанщик, який задає ритм веслування для всього екіпажу. Двадцять веслярів, які знаходяться в положенні, сидячи на спеціальних сидіннях — по десять з кожної сторони,

та п'ять якщо це 10 — місцеві човни. На кормі знаходиться рульовий, завдання якого — керувати великим веслом, закріпленим на задній частині човна.

На щорічних спортивних фестивалях виступають одночасно більше 200 команд, які представляють свої країни, клуби і організації. Масовий розвиток «Драконів» в Азії активно росте, у зв'язку з доступністю цього виду веслування, коли для початку занять не потрібно ніяких спеціальних навичок, а також вікових обмежень. Все це сприяє тому, що на цей вид спорту почали звертати увагу в багатьох спортивних країнах на всіх континентах [5].

В 2005 була заснована Українська федерація веслування на човнах «Дракон», що послужило хорошим поштовхом для його розвитку в Україні.

Це гармонійна дисципліна, де необхідне поєднання сили, витривалості, сміливості і майстерності, тому драгонботи такі популярні серед спортсменів, любителів, спортивних клубів та різних організацій [5, 9]. В останні кілька років помічений значний сплеск інтересу з боку корпоративних команд, проводиться все більше комерційних заходів.

Це командний спорт, соціальний спорт і навіть діловий спорт, який є особливо цікавим у сьогоденному світі. Це — вид фізичної рекреації, якою може займатися кожен у будь-якому віці і з будь-якою фізичною підготовкою [6].

Програма, типи човнів, гоночні класи, дистанції та учасники змагань. Змагання проводяться на човнах наступних типів та гоночних класів:

Типи човнів: Д-22 — «Дракон» стандартний (20 веслярів, 1 барабанщик, 1 рульовий); Д-12 — «Дракон» юніор (10 веслярів, 1 барабанщик, 1 рульовий). Кількість спортсменів в Д-22 не може бути менше ніж 18 осіб, включаючи рульового і барабанщика. Кількість спортсменів в Д-12 не може бути менше ніж 8 осіб, включаючи рульового і барабанщика.

Класи екіпажів: відкритий клас — (Open), беруть участь спортсмени без обмеження статі; жіночий клас — (Woman), всі члени екіпажу, включаючи 1 рульового та барабанщика — жінки; змішаний клас — (Mix), беруть участь чоловіки та жінки, при умові, що кількість спортсменів одної статі повинна бути не менше ніж 8 осіб в Д-22 і 4 особи в Д-12.

Офіційні змагання проводяться на дистанціях: для чоловіків — 200, 500, 1000 і 2000 метрів; для жінок — 200, 500, 1000 і 2000 метрів; в змішаному класі — 200, 500, 1000 і 2000 метрів.

Довгі дистанції, марафон та більш довгі дистанції проводяться в наступних класах човнів: чоловіки — Д-22, Д-12; жінки — Д-22, Д-12; змішані — Д-22, Д-12. В змаганнях на дистанціях понад 10 км дозволяється брати участь спортсменам віком не молодше 18 років. В Положенні про змагання вказується: кількість етапів та їх довжина, тип старту, спосіб подолання піших переходів (якщо вони передбачаються) та інші умови проведення більш довгих і марафонських дистанцій. При поломці весла на

більш довгій дистанції та в марафоні спортсмен має право на його заміну.

Учасники змагань. В офіційних змаганнях можуть приймати участь члени спортивних клубів та спеціалізованих шкіл з веслування, а також всі бажаючі громадяни України. В неофіційних змаганнях — всі бажаючі. Учасники змагань розподіляються на наступні вікові категорії: підлітки — 12–14 років; юніори Б — 12–16 років; юніори А — 12–18 років; юніори — 12–23 років; прем'єр клас — будь-який вік (з 14 років); майстри — 40 років і старші, ветерани — 50 років і старші [10;13; 3].

Човни для змагань. На змаганнях можна користуватись човнами будь-якої конструкції, виготовленими з будь-яких матеріалів, при умові, що вони відповідають наступним параметрам: Д-22 максимальна довжина — 1400 см, ширина — 110 см, мінімальна вага — 250 кг; Д-12 максимальна довжина — 1100 см, ширина — 104 см, мінімальна вага — 125 кг.

Довжина човна вимірюється по відстані між крайніми точками носу та корми, включаючи будь-які кріпильні чи захисні пристосування. Ширина човна визначається в найширшому її місці. При цьому в ширину не включають розмір бортику (захисного обводу, захисної планки човна). При зважуванні човна в його вагу включають обов'язкові елементи конструкції та все спорядження (сидіння, половий настил, барабан, кермове весло) [6].

Мета — вивчити особливості веслування на човнах «Дракон» як засобу фізичної підготовленості.

Методи — теоретичний аналіз і узагальнення даних науково-методичної література, аналіз протоколів змагань, опитування, педагогічне спостереження.

Завдання роботи:

1. Охарактеризувати веслування на човнах «Дракон», як засіб фізичної підготовленості.

2. Проаналізувати основні положення і правила змагань веслування на човнах «Дракон».

Результати дослідження та їх обговорення. В дослідженні взяли участь 27 школярів 16 юнаків та 11 дівчат.

Для встановлення рівня фізичної підготовленості використовувалися вправи з штангою жим та тяга, біг.

Дослідження проводилось поетапно:

1 етап: проведено аналіз літературних джерел це дало змогу визначити мету, завдання дослідження.

2 етап: проведено дослідження показників фізичної підготовленості школярів.

3 етап: було проведено обробку, систематизацію і аналіз протоколів.

Проведено аналіз науково — методичної літератури, протоколів змагань, який дозволив визначити ступінь актуальності питань, проаналізувати результати власних досліджень з позиції тих даних, що є у літературі, було також вивчено стан питань

про рівень фізичної підготовленості, рухову активність. Заняття веслуванням є привабливим, зміцнює м'язи, позбавляє від зайвої ваги, підтримує здоров'я та фізичну підготовленість.

В результаті проведеного дослідження було встановлено, що рівень фізичної підготовленості школярів підвищився. Було проведено порівняльний аналіз між тренувальними результатами та змаганнями з жиму штанги, тяги, бігу. Під час виконання контрольних нормативів середній показник збільшився як на початку і в кінці порівняльного аналізу, жим штанги жінки 31%, чоловіки 40%; тяга жінки 20%, чоловіки 30%; біг жінки 15%, чоловіки 19%.

Тренування з веслування на човнах «Дракон» покращує показники фізичної підготовленості школярів на 60%, збільшується швидкість, координація, та витривалість.

Заключення. Таким чином веслування на човнах «Дракон» нині знайшли шанувальників, як серед спортсменів так і серед людей, які ведуть активний спосіб життя. «Драгонботи» у повсякденному житті використовуються для тренувань, походів, змагань. Змагання з драгонботу в Україну проходять регулярно і яскраво, а їх переможці отримують можливість поборотися за першість на регатах класом вище — Європейських та Міжнародних (під патронатом EDBF, ICF, IDBF).

Висновки. Веслування на човнах «Дракон» — це новий вид рухової активності, який активно розвивається і впроваджується як у спорт вищих досягнень. Багато команд, компаній та фірм використовують драгонбот, тому що це один з кращих засобів

згуртувати колектив, а також добре провести час, з користю для здоров'я. Веслування на драгонботах, дисципліна майбутнього, це командний спорт, соціальний спорт і навіть діловий спорт, який є особливо цікавим у сьогоднішньому світі, і в даний час дуже активно розвивається.

Аналізуючи історію цього виду спорту, «Дракон» придбали таку популярність, що сьогодні, за даними міжнародної федерації, в цьому регіоні світу налічується близько 150 мільйонів людей, що займаються і виступають у змаганнях, на цей вид спорту звертають увагу в розвинених спортивних країнах на всіх континентах.

Аналізуючи оздоровчу ефективність занять веслуванням, нами був визначений ряд її переваг: більша частина занять проводиться на відкритому повітрі, паркова або лісопаркова зона на березі водойми; постійний контакт із природними факторами — сонце, повітря, вода; переважно циклічна робота аеробної спрямованості; заняття веслуванням надають загартувальний вплив, і є відмінним профілактичним засобом проти простудних захворювань; безпосередній вплив на функціональні системи організму, такі як серцево-судинної, дихальної, м'язової системи.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Подальші дослідження передбачають більш детальне вивчення даного напрямку діяльності та вивчення оздоровчого впливу веслуванням на човнах «Дракон» із застосуванням інструментальних методів і кількісною оцінкою. Дослідження плануються проводитися на базі провідних українських клубів і збірної команди України з цього виду спорту.

Література

3. Ван Вейлун Контоль спеціальної роботи здатності кваліфікованих веслувальників на байдарках і каное на дистанції 500 і 1000 м. / Вуйлун Ван, А. Дяченко // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. 2017. № 3. С. 10–14.
4. Ван В., Дяченко А. Спеціальні характеристики спеціальної витривалості кваліфікованих веслувальників на байдарках на дистанції 1000м. / В. Ван, А. Дяченко. ТМФВ, 2018. № 2. С. 8–13.
5. Го Пенчен Специфические характеристики функционального обеспечения выносливости при работе анаэробного характера гребцов на каное / Го Пенчен, А. Ю. Дьяченко // Педагогика, психология та медико-біол. пробл. фіз. виховання і спорту: зб. наук. праць / за ред. С. С. Єрмакова. 2014. № 2. С. 26–31.
6. Дьяченко А. Ю. Современная концепция совершенствования специальной выносливости спортсменов высокого класса в гребном спорте / А. Ю. Дьяченко // Наука в олимп. спорте. 2007. № 1. С. 54–61.
7. Киселев В. Ю. Организация и планирование процесса непосредственной предсоревновательной подготовки элитных гребных экипажей лодок «Дракон» / В. Ю. Киселев // Автореф. дис канд. пед. наук. спец. 13.00.04. Владивосток, 2006. 19 с.
8. Международная федерация по гребле на лодках «Дракон». URL: <http://www.idbf.org>
9. Мищенко В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряжённой физической тренировке в спорте / В. С. Мищенко, Е. Н. Лысенко, В. В. Виноградов. К.: Наук. світ, 2007. 351 с.
10. Раздел драгонбота на сайте Международной федерации каное. URL: <http://www.canoeicf.com/icf/Aboutoursport/ Dragon-Boat.html>
11. Сайт клубного чемпионата Европы по драгонботу 2011 г. URL: <http://dragonboat2011.com>
12. Стеценко Ю. Н. Функциональная подготовка спортсменов — гребцов различной квалификации: учеб. пособие / Ю. Н. Стеценко. К.: УГУФВС, 1994. 191 с.
13. Тихоміров А. І., Козубенко О. С., Усатюк Г. Ф. Веслувальний спорт / нав. посіб. М.: 2018. С. 45–52.

14. Шинкарук О. А. Обґрунтування використання фізіологічних показників як критерії відбору спортсменів у циклічних видах спорту / О. А. Шинкарук // *Акт. пробл. фіз. культури і спорту*. № 3. С. 52–55.

15. Pool D. B. Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology / David C. Poole, Mark Bumley, Anni Vanhatalo, Harry B. Rossiter, Andrew M. Jones // *Medicine Sci. in Sports Exercise*. Nov 2016;. No 48 (11). P. 2320–2334.

16. Tomiak T. Effect of moderate and high intensity training sessions on cardiopulmonary chemosensitivity and time — based characteristics of response in high performance rowers / Tomasz Tomiak, Viktor Mishchenko, Elena Lusenko, Andrej Diachenko, Adam Korol // *Baltic journal of health and physical activity*. Gdansk University of Physical Education and Sport in Gdansk. 2014. Vol. 6. No 3. P. 218–228.

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

Збірник наукових статей

№ 5 (105)

1 том

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

Київ 2021

Видано в авторській редакції

Засновник / Видавець ТОВ «Фінансова Рада України»

Адреса: Україна, м. Київ, вул. Павлівська, 22, оф. 12

Контактний телефон: +38 (067) 401-8435

E-mail: editor@inter-nauka.com

www.inter-nauka.com

Підписано до друку 30.04.2021. Формат 60×84/8

Папір офсетний. Гарнітура SchoolBookAS.

Умовно-друкованих аркушів 9,3. Тираж 100.

Замовлення № 398. Ціна договірна.

Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві

ТОВ «Центр учбової літератури»

вул. Лаврська, 20 м. Київ

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготівників і

розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 2458 від 30.03.2006 р.