

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-08>

УДК 339.138:004:378(477)(045)

Гулівата Інна Олександрівна, к. пед. н., доцент

<http://orcid.org/0000-0003-4752-535X>

Радзіховська Лариса Миколаївна, к. пед. н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-0185-8036>

Середницька Люмила Петрівна, старший викладач

<https://orcid.org/0000-0002-7730-0963>

Вінницький торговельно-економічний інститут Державного торговельно-економічного університету, м. Вінниця, Україна

## ШЛЯХИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МАРКЕТИНГОВИХ ПОСЛУГ У СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ ВСТУПУ ДО ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Гулівата І.О., Радзіховська Л.М., Середницька Л.П. Шляхи цифровізації маркетингових послуг у системі організації вступу до закладів вищої освіти України. Запропоновано шляхи цифровізації маркетингу вищої освіти як складової стратегії просування інституційного бренду у системі організації вступу до закладу вищої освіти.

**Ключові слова:** цифровізація, маркетингові послуги, вступ до закладів вищої освіти.

**Hulivata I., Radzichovska L., Serednytska L. Ways of digitalization of marketing services in the system of organization of admission to higher education institutions of Ukraine.** In this article are suggested new ways of digitalization of marketing services of the higher education institutions as a part of the strategy for promotion of the institutional brand in the organizing system of admission campaigns to the higher education institutions.

**Key words:** digitization, marketing services, admission to higher education institutions.

**Постановка наукової проблеми.** Одним із пріоритетних напрямів проєкту Концепції цифрової трансформації освіти і науки на період до 2026 року [1] є автоматизація роботи вступної кампанії, а серед стратегічних цілей розглядається прозорість, зручність та ефективність послуг у сфері освіти і науки.

З 2019 року світовий освітній простір зазнав модифікації за рахунок форм навчання адаптованих під виклики Covid 19. Для багатьох країн такі зміни зберігаються й досі. Особливо гостро проблема надання освітніх послуг постала для України на тлі військової агресії з боку росії.

Програми дистанційного навчання змусили академічну спільноту використовувати додаткові шляхи та засоби для роботи з аудиторією, а приймальні комісії закладів освіти – з абітурієнтами. Тому з метою забезпечення права вступників на вищу освіту перед закладами вищої освіти (ЗВО) постає проблема актуалізації вибору шляхів забезпечення виконання рішень МОН України щодо реалізації цифрового надання освітніх послуг. У сучасних реаліях іноді це єдиний спосіб донести до абітурієнтів просвітницький контент щодо вступу та вибороти популярність. Оскільки цифрові маркетингові підходи дозволяють розповсюджувати досить швидко важливу інформацію і зацікавлювати широку аудиторію з різних куточків світу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання актуальних трендів просування послуг в Інтернет середовищі, порівняння традиційного та Інтернет-маркетингу розкрито у роботі І. Дьячук [2]. І. Жарська [3] запропонувала концепцію формування системи маркетингових комунікацій ЗВО в мережі Інтернет. Переваги застосування відеоматеріалів у маркетинговій кампанії закладу освіти засобами сервісу YouTube розкрито у роботі С. Семенюк [4]. Н. Василькова зазначає, що для налагодження комунікаційного зв'язку з потенційними студентами ЗВО надають перевагу саме цифровому маркетингу.

Д. Дорошкевич здійснив аналіз інструментів оцінки ефективності візуального цифрового контенту [5]. У дослідженні [6] здійснено оцінку результатів вступної кампанії з метою прогнозування майбутніх результативних показників діяльності ЗВО шляхом використання кореляційно регресійного аналізу та трендових моделей.

Дослідження [2-9] свідчать про те, що використання різних видів цифрового маркетингу сприяють просуванню інституційного бренду на ринку надання освітніх послуг та залученню кращих абітурієнтів до лав студентів. Особливо актуальним є впровадження цифрових маркетингових трендів у систему організації вступної кампанії, що важливо реалізовувати не лише під час вступної кампанії, а й загалом у стратегії розвитку ЗВО, оскільки вступна кампанія є наслідком діяльності закладу протягом року.

**Метою статті** є окреслення шляхів цифровізації, маркетингових послуг у системі організації вступної кампанії закладу освіти для їх можливого врахування у власній стратегії розвитку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сьогодні освіта переживає масовий бум завдяки сучасним інформаційним технологіям. В дослідженнях [7] зазначено, що світовий ринок цифрового навчання до 2026 року сягне 458 мільярдів доларів. Така тенденція спровокована збільшенням користувачів Інтернету та мобільним телефонам з онлайн-можливостями.

Сучасні інформаційні технології забезпечують наочність, швидкість, надійність отримання та поширення інформації, що стало передумовою розвитку інноваційного освітнього маркетингу відповідного вимогам часу [2, с. 106].

Серед трендів маркетингу вищої освіти виокремлюють інтернет-маркетинг, відеомаркетинг, digital-маркетинг тощо. В умовах глобальної цифровізації ЗВО вимушені використовувати у власній діяльності різні цифрові канали, якщо вони хочуть донести свій посил до широкої аудиторії економічно ефективним способом. Це електронна пошта, веб-контент, соціальні мережі тощо. Сучасний абітурієнт досить багато часу проводить на сайтах соціальних мереж таких як Facebook, Twitter и Instagram тощо. І тому для кращої взаємодії з ним існує потреба дізнаватися про його інтереси, побажання та очікування. Використовувати цифрові канали зв'язку у системі надання освітніх послуг не просто, але потенціал для значного збільшення доходів перетворює цифровий маркетинг у важливий аспект будь-якої маркетингової стратегії у сфері освіти.

У плануванні та реалізації власної стратегії ЗВО має враховувати різні види маркетингової діяльності для вирішення наступних завдань:

- просування бренду закладу вищої освіти;
- стимулювання набору здобувачів;
- задоволення студентства у виборі закладу щодо надання освітніх послуг та освітньої траєкторії.

Важливою складовою освітнього маркетингу є просвітницька діяльність ЗВО з вступниками в рамках стратегії популяризації власного бренду. Така діяльність з одного боку використовується як потужний інструмент реклами для закладу, а з іншого – як можливість розібратися в особливостях вступу для абітурієнтів. Успішна вступна кампанія є одним із важливих завдань закладів вищої освіти. Кількість і якість прийнятих вступників і визначає його місце на ринку освітніх послуг [4, с. 68]. Особливістю впровадження маркетингових заходів в сфері освітніх послуг в період вступної компанії, полягає в тому, що рішення про вибір ЗВО для вступу приймає не тільки абітурієнт, але і його батьки і мотиви, які спонукають до вступу, повинні задовольняти обох. Тому традиційні способи реклами не тільки неефективні, але і знецінюють імідж ЗВО в очах споживача (абітурієнта).

Умови вступу висувають до закладів освіти вимоги щодо оприлюднення інформації для вступників: правила прийому до ЗВО, рейтингові списки, розклади вступних випробувань, плату за надання освітніх послуг, інформацію про гуртожитки та інфраструктуру закладу тощо. Усі ЗВО зобов'язані публікувати таку інформацію на власних офіційних сайтах та інших цифрових каналах, які сьогодні стали не тільки основним джерелом обміну інформацією, а і одним із ефективних прийомів впізнаності закладу освіти.

Розглянемо можливі шляхи цифровізації маркетингових послуг у системі організації вступної кампанії з метою просування закладу освіти, які базуються на використанні Інтернету. Слід зазначити, що традиційні рекламні стратегії, такі як рекламні борди, листівки, брошури, друкована реклама та особисті зустрічі також мають місце в епоху цифрових технологій, проте їх окупність є менш привабливою порівняно із сучасними стратегіями цифрового маркетингу.

1. Використання платформи соціальних мереж для зв'язку з вступником.

Дослідження [3, с. 106] переконливо свідчать, що сьогодні акаунт ЗВО у соціальних мережах має виконувати функцію універсального call-центру, який може консультувати абітурієнтів усіх категорій та їхніх батьків з будь-яких питань, пов'язаних як зі вступом, так і з майбутнім навчанням і специфікою спеціальностей у режимі 24x7.

На теперішній час у світі нараховується близько 4,5 мільярди користувачів соціальних мереж, що складає близько 57% населення планети [8]. До найпопулярніших соціальних медіа та цифрових платформ належать Facebook, YouTube, Twitter, Instagram, TikTok, Telegram тощо.

Кожна платформа має певні ціннісні характеристики та пропонує різні способи використання у маркетингу освіти. Незалежно від її вибору необхідно прагнути встановити зв'язок з цільовою аудиторією за рахунок привабливого контенту. При цьому створюється образ для

маркетингу в соціальних мережах, який спрямований на цільову аудиторію – випускників закладів освіти різних рівнів: від випускників шкіл до університетів, а також їх батьків. Маркетинговий персонаж у соціальних мережах може враховувати інформацію стосовно віку, статі, освіти, цілі, проблеми та основні цінності. На все це потрібно зважати під час створення контенту, який повинен бути лаконічним, цікавим, захоплюючим та відповідати іміджу закладу.

Слід зазначити, що зі збільшенням підписників у соціальних мережах існує можливість значного поширення контенту, навіть якщо фактична кількість підписників набагато менша. Цю інформацію використовують для коригування рекламних зусиль.

#### 2. Включення цифрової реклами у маркетинговий бюджет.

Цифрова реклама є досить ефективним способом маркетингу освітніх послуг. Відповідно до звіту Dentsu Global Ad Spend Forecast інвестиції в цифрові технології виростуть на 14,8% в 2022 році. Це призведе до того, що доля цифрових витрат складе 55,5% (\$408 млрд) від загальних витрат на рекламу [9].

Найбільшою перевагою цифрової реклами, порівняно з традиційною, є точний таргетинг, який базується на демографічних даних, моделях взаємодії тощо. Тому, плануючи заходи доцільно виділяти з існуючої аудиторії тільки ту частину, яка задовольняє певним критеріям, і поширювати рекламу саме на цю аудиторію використовуючи прийом таргетингу, що в цілому здійснює позитивний вплив на рейтинг кліків рекламних заходів.

Серед найбільш використовуваних каналів цифрової реклами є її включення до пошукових систем та соціальних мереж, медійну чи банерну рекламу та відеорекламу. Кожен з цих каналів має свої недоліки та переваги, тому доцільно використовувати поєднання всіх каналів.

Незалежно від того, скільки маркетингового бюджету витрачається на цифрову рекламу обов'язково слід зібрати як можна більше даних для відстеження її ефективності і приймати обґрунтовані рішення стосовно її покращення.

#### 3. Створення зручного для мобільних пристроїв веб-сайту з оптимізованою цільовою сторінкою.

За рахунок того, що одна і та ж особа заходить в інтернет з різних пристроїв, кількість користувачів мобільного інтернету перевищує кількість людей. Тому наявність мобільного сайту з оптимізованою цільовою сторінкою є нагальною необхідністю для тих, хто хоче досягти успіху в маркетингу освіти.

З метою оптимізації сайту для мобільного пристрою необхідно забезпечити ефективність його роботи: вдалий інтерфейс, посилання та елементи навігації, швидкість завантаження сторінки тощо.

Також варто розглянути використання AMP, як структуру веб-компонентів технології публікації веб-сайтів, розроблену Google для забезпечення простого способу створення веб-сторінок, які швидко та плавно завантажуються і у першу чергу надають перевагу користувацькому досвіду.

Крім того, можна пересвідчитися, що ваш веб-сайт пройшов тест Google Mobile-Friendly Test [10], метою якого є визначення того наскільки легко відвідувач може використовувати сторінку на мобільному пристрої. Для його використання достатньо ввести URL-адресу сайту і почекати поки інструмент завершить тестування. За допомогою Mobile-Friendly Test можна визначити мобільність сайту та ознайомитися з детальним оглядом усіх проблем із завантаженням сторінок для їх усунення.

Освітній веб-сайт орієнтований на користувацький досвід має бути спрямований на потреби користувача і освітнього продукту, який представлено. Сайт має відповідати двом основним критеріями: користувач має хотіти використовувати сайт і завжди до нього повертатися. Під час створення сайту ЗВО слід врахувати спрощений доступ до всього, уникаючи необхідності переглядати кілька рівнів меню, щоб знайти те, що потрібно. А підтримка постійного потоку контенту корисного користувачам сприятиме відвідуванню сайту.

#### 4. Забезпечення оберненого зв'язку з аудиторією.

Опитування користувачів щодо якості надання освітніх послуг у системі організації вступу до ЗВО має бути невід'ємною частиною маркетингової стратегії ЗВО. Найкращий спосіб спонукати вступників залишати відгуки – максимально спростити процес рецензування. Як приклад, впровадити рейтинг на основі зірочок. Отримавши відгук чи запитання в чаті, доцільно на нього реагувати якнайшвидше. Не можна ігнорувати гострі питання та демонструвати зверхне

ставлення. Розгляд негативного відгуку дозволяє продемонструвати потенційним вступникам, як вирішуються проблемні ситуації.

5. Створення та використання привабливого контенту.

Згідно з дослідженням С. Семенюк [4, с. 68] все більше споживачів фокусуються на відеоконтенті, а його частка від усього трафіку складає більше 80%. Це значна кількість потенційних глядачів, на яких можна орієнтуватися, створюючи привабливий відеоконтент та публікувати його в інтернеті. Застосування візуального контенту у практиці маркетингу домінує над іншими типами контенту та сприяє більшій віддачі інвестицій [5, с.107].

Однак, під час реалізації відеоконтенту важливий зв'язок з аудиторією, це дає розуміння якого наповнення потребує споживач. Такий зв'язок можна забезпечити враховуючи наступні показники: середня продовжуваність перегляду, середня швидкість завершення, повторні перегляди, рейтинг кліків, максимальне число глядачів, зростання числа підписників тощо.

Просвітницький контент у частині організації вступу до ЗВО набуває популярності як один із типів відеоконтенту для якого можна знайти безліч тем. Він може містити різноманітні форми: демонстраційні відеоролики, відеоролики про ЗВО чи події в закладі, інтерв'ю, освітні чи практичні інструкції, пояснювальні відеоролики, анімований контент, тематичні дослідження, ролики віртуальної реальності тощо.

29 травня 2021 року державним підприємством Інфоресурс створено канал для допомоги вступникам [11], який нараховує 1,71 тис. користувачів. На ньому розміщено відеоінструкції для різних категорій вступників стосовно реєстрації електронного кабінету та подачі заяв, огляд помилок під час створення кабінетів, умови вступу тощо. Короткі відеоінструкції користуються популярністю і нараховують 746 115 переглядів. Вони є корисними не тільки для вступників, а і для приймальних комісій закладів освіти.

Засобами сервісу YouTube ЗВО існує можливість створення власних каналів, де можна розмістити матеріали щодо організації вступної кампанії: правила прийому до ЗВО, інформацію про освітні програми за якими здійснюється підготовка тощо. Для створення та перегляду коротких відео можна також використовувати сервіс TikTok, який наразі набуває значної популярності.

6. Використання чи створення застосунку для реалізації маркетингової послуги.

Готуючись до вступу у ЗВО майбутній вступник має проаналізувати значний обсяг інформації стосовно вибору закладу освіти, спеціальності та особливостей освітньої програми, умов вступу тощо.

Зручним інструментом для вступника у цьому сенсі став сервіс ЄДЕБО (Єдина державна база з питань освіти) [12], який є незамінним помічником абітурієнтів, їх батьків та працівників приймальних комісій, оскільки забезпечує інформаційне супроводження вступної кампанії до закладів вищої освіти. Це автоматизована система збирання, реєстрації, оброблення, зберігання та захисту відомостей та даних з питань освіти, яка містить реєстри суб'єктів освітньої діяльності, документів про освіту, студентських (учнівських) квитків, педагогічних працівників та їх сертифікатів, сертифікатів ЗНО. Забезпечує можливість перевірки результатів незалежного тестування та документів про освіту. Безкоштовний та вільний доступ до бази даних ЄДЕБО та функціонал системи, який постійно поліпшується, дозволяє безперешкодно знайти необхідну інформацію щодо вступу для ефективного прийняття рішень вступником.

Умови вступу до ЗВО також передбачають дистанційний вступ, що вимагає застосування технологічних інструментів для створення та використання кваліфікованого електронного підпису. Для вирішення таких завдань поширеним явищем стало використання застосунку Дія.

Вищезазначені шляхи цифровізації маркетингових послуг успішно реалізовані у системі організації вступної кампанії Вінницького торговельно-економічного інституту ДТЕУ (Рис.1), а аналіз її результатів у 2022 р. за методикою воронки продажу засвідчує ефективність їх впровадження.

Таблиця 1. Дослідження якості надання освітніх послуг під час організації вступної кампанії у ВТЕІ ДТЕУ у 2022 році

Абітурієнти, кількість осіб	Ознака групи осіб
19481	переглянули на аккаунти ВТЕІ ДТЕУ у соціальних мережах

8745	підписалися на аккаунти ВТЕІ ДТЕУ у соціальних мережах
4617	відреагували на публікацію
3138	подали заяви до ВТЕІ ДТЕУ
1609	вступили до ВТЕІ ДТЕУ

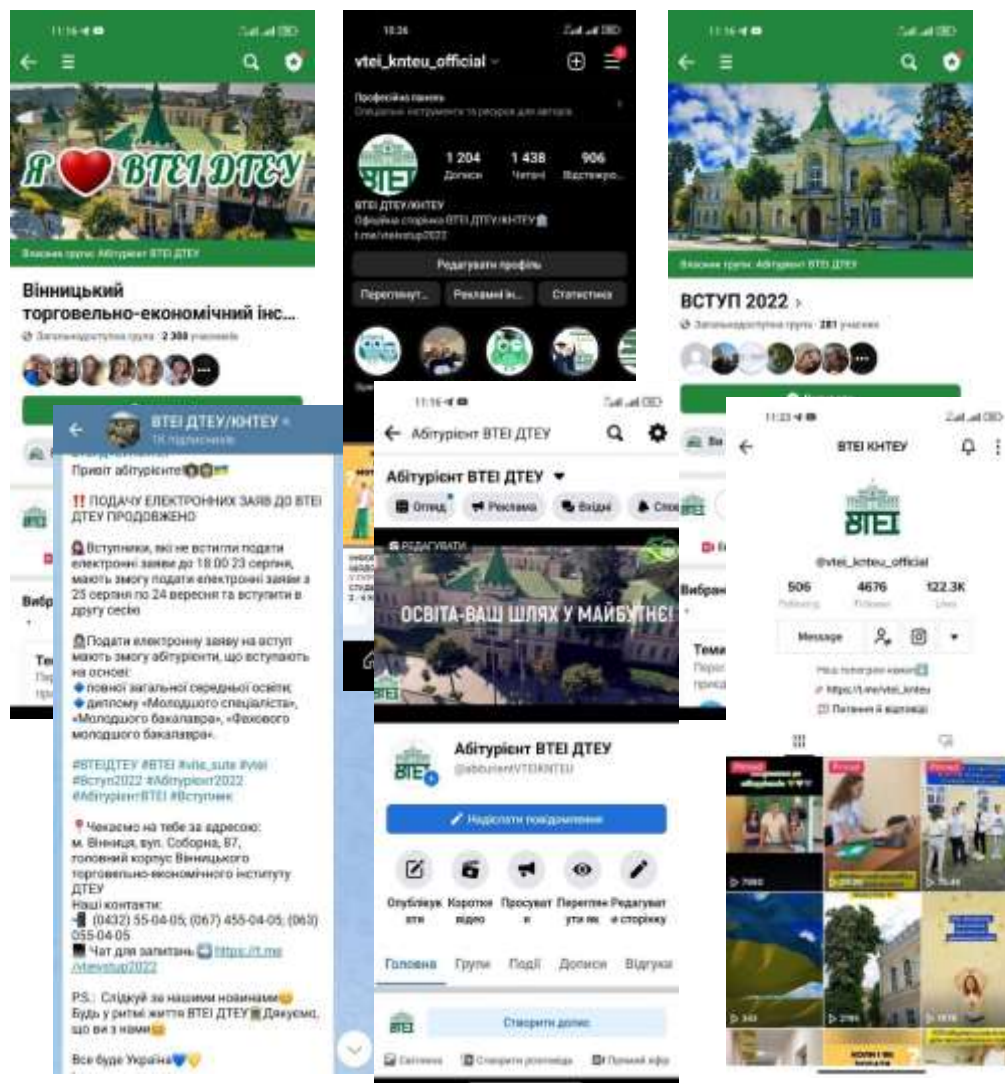


Рис.1. Цифрові канали надання освітніх послуг у системі організації вступної кампанії у ВТЕІ ДТЕУ

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Цифровий маркетинг забезпечує економічно ефективно, порівняно з традиційними, шляхи представлення контенту та надання маркетингових освітніх послуг для широкого кола користувачів. У сучасних реаліях, іноді, це єдиний спосіб донести до абітурієнтів просвітницький контент щодо вступу та вибороти популярність серед абітурієнтів. Особливо актуальним є впровадження цифрових маркетингових трендів у систему організації вступної кампанії, як складової загальної стратегії закладу з метою просування інституційного бренду на ринку освітніх послуг. До таких віднесено: використання платформи соціальних мереж для зв'язку з вступником; включення цифрової реклами у маркетинговий бюджет; створення зручного для мобільних пристроїв веб-сайту з оптимізованою цільовою сторінкою; створення та використання привабливого контенту; використання чи створення застосунку для реалізації маркетингової послуги; використання чи створення

застосунку для реалізації маркетингової послуги. Потребує розробки модель реалізації запропонованих шляхів цифровізації маркетингових послуг та її оцінка.

#### Список бібліографічного опису

1. Концепція цифрової трансформації освіти і науки. URL: <https://cutt.ly/yVYTGG3> (Дата звернення 25.09.2022).
2. Дьячук І. Інтернет-маркетинг та digital-стратегії. Принципи ефективного використання. *Вчені записки Університету «КРОК»*, 2021. №4(64). С. 106-113. URL: <https://cutt.ly/0VYOFWp> (Дата звернення 25.09.2022).
3. Жарська І. Digital-маркетинг закладів вищої освіти. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*, 2020. Том 31(70). № 6. С. 106-112. URL: <https://cutt.ly/LVYOZZj> (Дата звернення 25.09.2022).
4. Семенюк С. Відеомаркетинг в діяльності закладів вищої освіти. *Маркетинг і цифрові технології*, 2019 Том 3(1). С. 68-78. URL: <https://cutt.ly/ZVYAcil> (Дата звернення 25.09.2022).
5. Дорошкевич Д., Томко К. Аналіз інструментів оцінки ефективності візуального цифрового контенту. *Ефективна економіка*, 2020. Вип. 4. URL: <https://cutt.ly/mVYCS76> (дата звернення: 25.09.2022).
6. Гулівата І. О., Ніколіна І. І., Клішук О. В. Моделювання показників вступної кампанії. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2019. Вип. 2. С. 119-125. URL: <https://cutt.ly/sVYDPYI> (Дата звернення 25.09.2022).
7. Сайт «GlobeNewswire». URL: <https://cutt.ly/4VYGiQ8> (Дата звернення 25.09.2022).
8. Сайт організації «Український спектр». URL: <https://cutt.ly/eVYB0YM> (Дата звернення 25.09.2022).
9. Сайт організації «Українська Рада Торгових Центрив». URL: <https://cutt.ly/MVYN5Uh> (Дата звернення 25.09.2022).
10. Сайт «Перевірка зручності перегляду на мобільних пристроях». URL: <https://search.google.com/test/mobile-friendly> (Дата звернення 25.09.2022).
11. Канал «ОсвітаВсім». URL: <https://www.youtube.com/channel/UCloW7pjV9WUU2DURgLUuotA/featured> (Дата звернення 25.09.2022).
12. Сайт «ЄДЕБО». URL: <https://info.edbo.gov.ua/about/> (Дата звернення 25.09.2022).

#### References

1. Kontseptsiia tsyfrovoyi transformatsii osvity i nauky [Law of Ukraine]. (n.d.). mon.gov.ua. Retrieved from <https://cutt.ly/yVYTGG3> [in Ukrainian].
2. Diachuk, I. (2021). Internet-marketynh ta digital-stratehii. Pryntsyphu efektyvnoho vykorystannia [Internet marketing and digital strategies. Principles of effective use]. *Vcheni zapysky Universytetu - Scientific notes of "KROC" University «KROK»*, 4(64), 106-113. Retrieved from <https://cutt.ly/0VYOFWp> [in Ukrainian].
3. Zharska, I. (2020) Digital-marketynh zakladiv vyshchoi osvity [Digital marketing of higher education institutions]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Serii: Ekonomika i upravlinnia - Scholarly notes of TNU named after VI Vernadskyi. Series: Economics and management*, 31(70), 6. 106-112. Retrieved from <https://cutt.ly/LVYOZZj> [in Ukrainian].
4. Semeniuk, S. (2019). Videomarketynh v diialnosti zakladiv vyshchoi osvity. [Video marketing in higher education institutions]. *Marketynh i tsyfrovi tekhnolohii - Marketing and digital technologies*. 3(1), 68-78. Retrieved from <https://cutt.ly/ZVYAcil> [in Ukrainian].
5. Doroshkevych, D. & Tomko, K. Analiz instrumentiv otsinky efektyvnosti vizualnoho tsyfrovoho kontentu [Analysis of tools for evaluating the effectiveness of visual digital content]. *Efektivna ekonomika - Efficient economy*, 4. Retrieved from <https://cutt.ly/mVYCS76> [in Ukrainian].
6. Hulivata, I., Hicolina, I., & Klishchuk, O. (2019). Modeliuvannia pokaznykiv vstupnoi kampanii. [Modeling of introductory campaign indicators]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu - Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 2, 119-125. Retrieved from <https://cutt.ly/sVYDPYI> [in Ukrainian].
7. Sait «GlobeNewswire». [Site «GlobeNewswire»]. [globenewswire.com](https://cutt.ly/4VYGiQ8). Retrieved from <https://cutt.ly/4VYGiQ8> [in English].
8. Sait orhanizatsii «Ukrainskyi spektr» [Site of the organization «Ukrainian Spectrum»]. [uaspectr.com](https://cutt.ly/eVYB0YM). Retrieved from <https://cutt.ly/eVYB0YM> [in Ukrainian].
9. Sait orhanizatsii «Ukrainska Rada Torhovykh Tsentriv» [Site of the organization «Ukrainian Council of Shopping Centers»]. [ucsc.org.ua](https://cutt.ly/MVYN5Uh). Retrieved from <https://cutt.ly/MVYN5Uh> [in Ukrainian].
10. Sait «Perevirka zruchnosti perehliadu na mobilnykh prystroiakh» [Site "Checking ease of viewing on mobile devices"]. [test.mobile-friendly](https://search.google.com/test/mobile-friendly). Retrieved from <https://search.google.com/test/mobile-friendly> [in Ukrainian].
11. Kanal «OsvitaVsim» [Channel «Osvitavsim»]. [youtube.com](https://www.youtube.com/channel/UCloW7pjV9WUU2DURgLUuotA/featured). Retrieved from <https://www.youtube.com/channel/UCloW7pjV9WUU2DURgLUuotA/featured> [in Ukrainian].
12. Sait «eDEBO» [Site «eDEBO»]. [info.edbo.gov.ua](https://info.edbo.gov.ua/about/). Retrieved from <https://info.edbo.gov.ua/about/> [in Ukrainian].

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-48-09>

УДК 681.518:62-50

Димова Ганна Олегівна, к.т.н., доцент,

<https://orcid.org/0000-0002-5294-1756>

Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна

## ПОБУДОВА МОДЕЛІ «ВХІД – ПРОСТІР СТАНІВ – ВИХІД» НА ОСНОВІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛІНІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАНКЕЛЕВИХ МАТРИЦЬ

**Димова Г.О. Побудова моделі «вхід – простір станів – вихід» на основі властивостей лінійних операторів з використанням ганкелевих матриць.** Статтю присвячено розв'язанню задачі аналізу структури динамічного об'єкта: з урахуванням стохастичного підходу до аналізу вихідних сигналів та без урахування випадкових складових вихідного сигналу на підставі лінійних відображень множини лінійних просторів, тобто теоретико-множинний підхід.

Поставлена задача знаходження структури динамічного об'єкта за вихідним сигналом досліджувалася методом факторизації кореляційної матриці вихідного сигналу [1]. Розглянутий раніш метод і методи, що розглянуті в цій роботі, відносяться до обернених задач дослідження динамічних систем, сутність яких заключається в тому, що вихідний спостережуваний сигнал являється рішенням динамічного оператора об'єкта, а структура самого оператора не відома. При цьому є деякі припущення про його клас: лінійний диференціальний, нелінійний диференціальний і диференціальний в частинних похідних та інші.

Евристичний підхід ґрунтується на тому, що вхідний сигнал діє на об'єкт, при цьому здійснюється збір інформації про всі ступені свободи динамічного некерованого об'єкта. Таким вхідним сигналом, що має нескінчений спектр, є білий шум. В статті розглядається методика знаходження структури оператора і оцінка його параметрів для лінійного випадку та метод побудови моделі «вхід – простір станів – вихід» багатомірної динамічної системи. Послідовність побудови моделі оператора лінійної динамічної системи як розв'язання оберненої задачі динаміки – по вихідному сигналу визначити структуру оператора в просторі станів, дозволить розробляти інформаційні технології для реальних динамічних систем в лінійному наближенні.

**Ключові слова:** лінійний оператор, проєкційний оператор, ганкелева матриця, ранг матриці, головні мінори, динамічна система.

**Dymova H. Building an "input - state space - output" model based on the properties of linear operators using Hankel matrices.** The article is devoted to solving the problem of analyzing the structure of a dynamic object: taking into account the stochastic approach to the analysis of output signals and without taking into account the random components of the output signal based on linear mappings of a set of linear spaces, that is, the set-theoretic approach.

The stated problem of finding the structure of a dynamic object from the output signal was studied by the method of factorization of the correlation matrix of the output signal [1]. The method considered earlier and the methods considered in this work refer to inverse problems of studying dynamical systems, the essence of which is that the original observed signal is a solution to the dynamic operator of the object, and the structure of the operator itself is unknown. At the same time, there are some assumptions about its class: linear differential, nonlinear differential and differential in partial derivatives, and others.

The heuristic approach is based on the fact that the input signal acts on the object, while collecting information about all degrees of freedom of the dynamic uncontrolled object. Such an input signal, which has an infinite spectrum, is white noise. The article considers a method for finding the structure of an operator and estimating its parameters for the linear case and a method for constructing an "input - state space - output" model of a multidimensional dynamical system. The sequence of constructing a model of the operator of a linear dynamic system as a solution to the inverse problem of dynamics - to determine the structure of the operator in the state space from the output signal, will allow developing information technologies for real dynamic systems in a linear approximation.

**Keywords:** linear operator, projection operator, Hankel matrix, matrix rank, principal minors, dynamical system.

**Постановка проблеми.** Основною метою роботи є розв'язання задачі ідентифікації для визначення структури динамічного об'єкта за вихідним сигналом, структури його оператора на основі структурних властивостей лінійних операторів та упорядкування множини вихідних сигналів безперервного технологічного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно створити метод знаходження структури оператора динамічного об'єкта і упорядкування множини вихідних сигналів з представленням їх у виді ганкелевих форм та матриць. Метод моделювання оператора динамічної системи на основі властивостей лінійних операторів та упорядкування експериментальних даних за допомогою ганкелевих квадратичних форм і матриць дозволить розв'язувати обернені задачі динаміки на теоретико-множинному рівні в математично точній і погодженій постановці, тобто до оптимальної точної моделі (без урахування перешкод), а саме до найбільш сильної неспростованої моделі в класі лінійних систем.

**Аналіз досліджень.** Методика знаходження структури оператора і оцінки його параметрів для лінійного випадку розглядалась на прикладі сигналу  $y_o(t)$  виходу автономного об'єкта, який