

УДК 004.01/.08+796.07

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.2/11>**Єфіменко А.Ю.**

Сумський державний університет

Койбічук В.В.

Сумський державний університет

Миненко С.В.

Сумський державний університет

Кушнерьов О.С.

Сумський державний університет

Гриценко К.Г.

Сумський державний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ КІБЕРСПОРТИВНИХ ДИСЦИПЛІН: ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Кіберспорт – це феномен сучасного світу, який поєднує високі технології, інтерактивні розваги та глобальну аудиторію. Стрімкий розвиток індустрії значною мірою зумовлений прогресом у сфері апаратного і програмного забезпечення та мережесих технологій. Метою дослідження є визначення ключових технологічних аспектів розвитку кіберспортивних дисциплін, їх тенденцій та подальших перспектив інноваційних змін.

У статті розглянуто технології та їх вплив на розвиток кіберспортивних дисциплін як базових елементів кіберспортивної галузі із врахуванням сучасних викликів. Особливу увагу приділено впровадженню інноваційних рішень, таких як спеціалізовані алгоритми штучного інтелекту, віртуальна та доповнена реальність, високопродуктивні обчислювальні платформи, хмарні платформи (Xbox Cloud Gaming, NVIDIA GeForce Now, Riot Games), мережі нового покоління (мережі 10 Гбіт/с та мережі з низькою затримкою) тощо. Під час аналізу та порівняння технологій кіберспортивних дисциплін Dota 2, League of Legends та CS:GO, які входять у Top-5, визначено їх технологічну досконалість через застосування передових графічних двигунів (Source Engine, Unreal Engine 3 тощо), спеціалізованих серверів для оптимізації мережевого коду під час синхронізації дії гравців, штучного інтелекту, інструментарію віртуальної та доповненої реальності, оптимізованих мережесих протоколів, античит-систем (Valve Anti-Cheat), модулів масштабування, серверної синхронізації, мережесих кодів, мереж доставки контенту, власних серверів та дата-центрів. Окреслено роль хмарних технологій та сучасних засобів передачі даних у формуванні конкурентного середовища для гравців та організації турнірів.

У результаті дослідження визначено основні технологічні напрямки, які потребують подальшого вдосконалення і розширення їх застосування у кіберспортивній галузі.

Ключові слова: кіберспорт, кіберспортивні дисципліни, технології, програмне забезпечення, інновації, геймінг.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку кіберспорту помітним стало прогресуюче поширення технологій у розрізі появи нових платформ, графічних двигунів та інноваційних рішень у сфері геймінгу, що у комплексі формує нові можливості для гравців та організаторів турнірів.

Варто зазначити, що кіберспорт популяризується серед молоді, залучаючи аудиторію та безпосередньо учасників по всьому світу. Напри-

клад, турнір Pokémon UNITE Asia Champions League 2025 (Японія), який почався 16 листопада 2024 та триватиме до 23 лютого 2025 року, вже зібрав 476 658 годин перегляду та 43 години ефірного часу [1]. Під час проведення цього турніру охоплюються такі технологічні аспекти, як використання платформ Twitch, YouTube Live для його трансляції; доповнена реальність (AR) для створення інтерактивного досвіду для глядачів, що може включати зображення персонажів Pokémon

на арені та інтерактивні елементи в ігровому середовищі; елементи захисту даних та інформаційних систем від можливих загроз під час проведення турніру та інші технологічні компоненти.

На противагу зазначеному вище, Arena of Valor International Championship 2024 – восьмий щорічний міжнародний турнір з мобільної гри Arena of Valor, організований компанією Garena, який проходив з 5 по 29 грудня 2024 року у В'єтнамі, зібрав 25 730 157 годин перегляду та 142 години ефірного часу, призовий фонд становив 494 000 доларів США [3]. Серед технологічних аспектів організації турніру можна виділити наступні:

- використання технології онлайн-трансляцій, зокрема, турнір транслюється у форматі 4K HDR з низькою затримкою, що дозволяє глядачам спостерігати за кожним моментом змагання;
- мультимедійні трансляції – матчі доступні на багатьох платформах, а саме: YouTube, Facebook Gaming, TikTok Live та Twitch;
- використання хмарних серверів, що зменшує затримку під час матчів, забезпечуючи справедливі умови гри для команд із різних регіонів;
- впровадження античит-систем – інтегровані технології для моніторингу та запобігання шахрайству під час геймінгу;
- використання доповненої реальності (AR) у трансляціях для візуалізації статистики, складу команд і кращих моментів гри під час трансляцій;
- застосування голограм героїв і об'єктів гри, що додають динаміки під час аналізу та презентації [3].

Дослідження тенденцій кіберспорту у розрізі кіберспортивних дисциплін є каталізатором подальшого вивчення нових технологічних аспектів з урахуванням економічного потенціалу, інтердисциплінарності та перспективності даної галузі.

Відповідно, тема є актуальною для дослідження та аналізу, оскільки вона відображає сучасні виклики та можливості у кіберспорті, що безпосередньо пов'язані з технологічними досягненнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кіберспорт є однією з найбільш динамічних та швидко зростаючих галузей сучасної цифрової індустрії. Останні іноземні та українські публікації свідчать про те, що кіберспортивна галузь має тенденцію до зростання завдяки технологічним інноваціям, глобальним інвестиціям та залученню нових аудиторій. Питання технологічного розвитку кіберспорту у розрізі кіберспортивних дисциплін займалися такі науковці О. Б. Шидловська, Т. І. Іщенко [4], І. О. Лазнева, Д. І. Цараненко [5],

Є. В. Чайка [6], Ж. Буске, М. Ерц [7], К. Вердер [8] та інші.

Шидловська та Іщенко [4] розглядали кіберспортивні тенденції у розрізі готельної індустрії. Авторами не було враховано технологічний аспект розвитку індустрії. На противагу цьому, Лазнева та Цараненко [5] дослідили особливості функціонування кіберспорту у різних регіонах світу та визначили його вплив на структуру ринку комп'ютерних ігор.

Буске та Ерц [7] у своїй роботі представили історичний огляд кіберспортивної індустрії, окреслили його поточний стан з економічної та ринкової точок зору, проте технологічну складову зазначеної галузі не було розглянуто.

Незважаючи на зростаючий інтерес до вивчення кіберспортивної галузі, питання технологічних основ безпосередньо функціонування кіберспортивних дисциплін як ключових характеристик індустрії, їх тенденцій та перспектив потребує більш детального аналізу.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є визначення ключових технологічних аспектів розвитку кіберспортивних дисциплін, їх тенденцій та подальших перспектив інноваційних змін.

Виклад основного матеріалу. Кіберспорт почав активно розвиватися у різних країнах, зокрема у Сінгапурі, і з часом став популярним у всьому світі. Ключовими елементами проведення масштабних кіберспортивних турнірів (The International, CS:GO Major Championships, League of Legends World Championship тощо) є потужний технологічний потенціал – від найсучаснішого ігрового обладнання до складних систем для прямих трансляцій. У таблиці 1 представлені ключові інновації геймінгу.

Варто зазначити, що із розвитком штучного інтелекту, доповненої та віртуальної реальності і мереж нового покоління кіберспорт стає все більш захоплюючим і захопливим для потенційної аудиторії. Інновації створюють підґрунтя для захоплюючого майбутнього. Від високопродуктивного обладнання до новітньої аналітики на основі штучного інтелекту – технології є основою кіберспорту.

Технології кіберспорту значно відрізняються залежно від кіберспортивної дисципліни, оскільки різні жанри ігор вимагають унікального підходу до організації, обладнання, трансляцій та взаємодії. Станом на грудень 2024 року у Топ-5 кіберспортивних дисциплін входили Defence of the Ancients 2 (Dota 2), League of Legends (LoL), Counter Strike:

Інновації у кіберспортивній галузі

Технології / Інновації	Характеристика
Високопродуктивне ігрове обладнання	ігрові комп'ютери, відеокарти та монітори з високою частотою оновлення, ігрові миші з регульованими налаштуваннями DPI.
Використання хмарних технологій	NVIDIA GeForce Now – хмарна ігрова платформа, яка дозволяє запускати ігри з бібліотек Steam, Epic Games Store, Ubisoft Connect тощо. Xbox Cloud Gaming – частина підписки Xbox Game Pass Ultimate, що дозволяє грати в ігри з бібліотеки Xbox через хмару.
Віртуальна та доповнена реальність	У спеціальних VR-іграх, зокрема Echo Arena, Beat Saber, Pavlov VR чи VRChat Battle Royale, гравці повністю занурюються у віртуальне середовище, а їхні фізичні рухи відображаються у грі. Віртуальна реальність (VR) може симулювати дії суперника, дозволяючи гравцям підготуватися до реальних турнірів. Під час трансляцій турнірів доповнена реальність (AR) використовується для накладання ігрової статистики, карт чи 3D-моделей персонажів прямо на сцену або екран. Ігри, які використовують AR (наприклад, Pokémon GO або Hado), перетворюють фізичне середовище у частину ігрового процесу.
Використання мереж 10 Гбіт/с і мереж з низькою затримкою	Сприяють більш плавному ігровому процесу, швидкому часу відгуку.

Джерело: авторська розробка на основі [9]

Global Offensive (CS:GO), Fortnite: Battle Royale та PUBG [2]. На рисунку 1 представлено основні характеристики зазначених дисциплін.

Оскільки у Топ-5 кіберспортивних дисциплін входять Dota 2, LoL та CS:GO, за якими проводяться наймасштабніші турніри із значними призовими фондами, розглянемо технологічні аспекти їх розвитку у розрізі використаного програмного забезпечення для геймплею, апаратного забезпечення та мережевих технологій на різних етапах еволюції зазначених відеоігор. У таблиці 2 представлені технологічні особливості розвитку кіберспортивної дисципліни Dota 2.

Відповідно, Dota 2 – це кіберспортивна дисципліна, що використовує різноманітні технології у сфері програмного забезпечення, апаратного забезпечення та мережевих технологій для забезпечення високої якості гри, стабільності та багатокористувацької взаємодії.

У грі Dota 2 використовується графічний двигун Source Engine, що розроблений компанією Valve та дає змогу:

- підтримувати високу якість графіки та фізики у реальному часі;
- інтегрувати складні ефекти, анімації та текстури;
- оптимізувати продуктивність гри на різних апаратних платформах за рахунок модульності [10].

Для забезпечення стабільного мережевого з'єднання та мінімізації лагів, Valve використовує виділені сервери для матчів, що дозволяє уник-

нути використання p2p-сервісів, де один з гравців є хостом, і знижує ймовірність лагів та затримок.

Для управління одиничними юнітами (наприклад, крипами та героями) у грі використовуються спеціалізовані алгоритми штучного інтелекту для пошуку найкращого шляху (pathfinding). Наприклад, алгоритми, подібні до *A (A-star)***, дозволяють персонажам ефективно рухатись по карті, уникати перешкод і взаємодіяти з іншими елементами гри.

Також Dota 2 інтегрована з Steamworks SDK, що дозволяє використовувати Steam Cloud для збереження прогресу, онлайн-магазин для покупок і косметичних предметів, а також Steam Workshop для підтримки модів і спільнот.

Таким чином, у кіберспортивній дисципліні Dota 2 використовується потужне програмне забезпечення, апаратне забезпечення та мережеві технології для забезпечення стабільності, високої продуктивності та безперебійного досвіду гри. Від графічного двигуна Source до розподілених серверів та технологій для зменшення затримок, що дозволяє забезпечити якісний геймплей у найскладніших умовах багатокористувацької онлайн-гри.

Ще однією популярною та масштабною кіберспортивною дисципліною є League of Legends (LoL), що підтверджується загальною кількістю зареєстрованих гравців – понад 150 мільйонів, активних гравців щомісяця – понад 117 мільйонів, активних гравців щодня – від 10 до 11 мільйонів. Також турнір League of Legends World



Рис. 1. Ключові характеристики ТОП-5 кіберспортивних дисциплін

Джерело: створено автором на основі [2]

Championship (Worlds) є головним і найпрестижнішим змаганням, яке проходить щороку і визначає найкращу команду світу [12]. Відповідно, варто розглянути технологічні аспекти зазначеної відеогри. У таблиці 3 представлені ключові технологічні аспекти кіберспортивної дисципліни LoL.

Відповідно, у грі League of Legends використовуються передові технології на всіх рівнях: від програмного забезпечення до апаратного забезпечення та мережних технологій. Використання Unreal Engine 3 для графіки, оптимізація багатоядерних процесорів, а також виділені сервери для забезпечення стабільного з'єднання роблять гру доступною для великої аудиторії по всьому світу та сприяють високій якості ігрового процесу.

Ще одним флагманом у кіберспортивній галузі є гра Counter Strike: Global Offensive (CS:GO), яка з'явилася на початку 2000-х років. Це серія тактичних шутерів від першої особи, що стала основою для розвитку кіберспортивної сфери. Станом на кінець 2024 року було проведено 8 236 турнірів із загальним призовим фондом 155 837 479 дола-

рів США, що підтверджує популярність та поширеність зазначеної кіберспортивної дисципліни. У таблиці 4 представлені ключові технологічні аспекти CS:GO.

Таким чином, у кіберспортивній дисципліні CS:GO компанія Valve використовує передові технології для забезпечення високої якості гри та ефективної роботи серверів, зокрема, Source Engine забезпечує реалістичну графіку і фізику, що значно покращує ігровий процес; для стабільної роботи гри та мінімізації затримок використовуються UDP протоколи, 128-tick сервери та інші мережні технології, а розвинена античит-система гарантує чесність ігрового процесу. У комплексі зазначені технології роблять CS:GO однією з найпопулярніших ігор у світі, що продовжує розвиватися, підтримуючи високу конкурентоспроможність та інновації.

Висновки. Під час виконання поставленої мети дослідження було проаналізовано тенденції у кіберспортивній галузі у розрізі кіберспортивних дисциплін. Стрімкий прогрес кіберспорту

Таблиця 2

Технологічні аспекти розвитку кіберспортивної дисципліни DOTA 2

Рік	Етап	Особливості розробки
2003	Розробка	Dota Allstars – модифікація для Warcraft III, створена Ейданом "Eul" (оригінальна версія Dota).
2005		Підтримка модифікації IceFrog за рахунок внесення нових героїв у Dota Allstars.
2011		Офіційний реліз на PAX 2011 – серія ігрових фестивалів, яка проводилася для геймерів, розробників і шанувальників відеоігор; запущено бета-версію, включаючи понад 50 героїв, покращена графіка та механіка.
2014		Запуск Dota 2 Workshop , який дозволяв гравцям створювати власний контент, який може бути доданий до гри.
2016		Запуск Dota Plus – сервіс з підпискою, що надає аналітику та інструменти для покращення гри.
2018		Запуск Battle Pass – сезонна система прогресії в Dota 2, яка пропонує гравцям широкий набір нагород, завдань, ігрових режимів та тематичних івентів.
2013	Впровадження	Офіційний реліз Dota 2 9 липня 2013 року; старт The International 2013 з призовим фондом у \$1 мільйон.
2015		Введення Compendium (спеціальний додатковий контент) для підтримки The International; прибуток від продажів компенсує призовий фонд.
2017		Дебют The International 2017 з призовим фондом у \$24 мільйони; використання нових механік, зокрема Aghanim's Scepter.
2019		Продовження розвитку Battle Pass; використання нових систем матчмейкінгу (Ranked Matchmaking, Normal (Unranked) Matchmaking, Role-Based Matchmaking тощо) для покращення ігрового досвіду.
2021		Повернення фізичних турнірів; The International відбувся у Швеції з призовим фондом у \$40 мільйонів.
2023		Продовження активного розвитку контенту, збільшення онлайн-активності та популярності гри на Twitch.

Джерело: авторська розробка на основі [10]

Таблиця 3

Технологічні аспекти кіберспортивної дисципліни LoL

Технології / Інновації / Програмне забезпечення	Характеристика
Графічний двигун	Unreal Engine 3 – обробка графіки, що дозволяє реалізувати ефекти, анімацію та текстури для великої кількості персонажів і об'єктів на карті. Особливостями графічного двигуна є динамічні освітлення та текстури, покращена ефективність на низьких налаштуваннях графіки для широкого спектра пристроїв та підтримка фізичних ефектів.
Штучний інтелект (AI)	Використання AI для створення ботів, з якими гравці можуть тренуватися або грати в одиночному режимі. Боти адаптуються до рівня гри гравця, використовуючи алгоритми для аналізу поведінки.
Модулі масштабування	Використовуються для покращення графіки на слабших системах без великої втрати якості зображення.
Виділені сервери Riot Games	Використовуються власні виділені сервери для кожного регіону, що дозволяє забезпечити високу якість з'єднання та знизити пінг для гравців. Інфраструктура Riot складається з глобальної мережі серверів, що дозволяє рівномірно розподіляти навантаження та покращувати доступність гри для користувачів.
Серверна синхронізація	Оптимізація мережевого коду для синхронізації дії гравців у реальному часі, що дозволяє зменшити затримки і забезпечити гладкий процес гри навіть при високому навантаженні на сервери.

Джерело: авторська розробка на основі [12]

зумовлений впровадженням інноваційних технологій, які забезпечують високу якість геймплею, стабільність та захопливий досвід для учасників.

Ключовими елементами кіберспорту є використання високопродуктивного ігрового обладнання, хмарних платформ (наприклад, Xbox Cloud

Технологічні аспекти кіберспортивної дисципліни CS:GO

Технології / Інновації / Програмне забезпечення	Характеристика
Графічний двигун	Source Engine , який характеризується покращеною фізикою об'єктів (рух гранат, фізика зброї), удосконаленими текстурами і освітленням та підтримкою нових ефектів і технологій, таких як HDR та антиаліасинг.
Мережевий код	Tickrate – кількість оновлень сервера на секунду. У CS:GO найбільші турніри використовують сервери з 128-tick для більш точного відображення подій на екрані гравців. Використовуються протоколи для зменшення пінгу та покращення синхронізації між гравцями.
Власні сервери та дата-центри	CS:GO використовує численні сервери, розташовані в різних регіонах світу, щоб забезпечити гравцям найкращу якість з'єднання.
Античит-система	VAC (Valve Anti-Cheat) – це система, яка постійно оновлюється для виявлення шахрайства у грі. VAC працює на сервері і дозволяє видаляти з гри гравців, які використовують чити або інші нелегітимні методи.
Мережа доставки контенту (Content Delivery Network (CDN))	CDN використовується для доставки контенту до гравців, таких як оновлення гри, скіни, кейси та інші косметичні елементи, що дозволяє зменшити час очікування при завантаженні контенту.

Джерело: авторська розробка на основі [11]

Gaming, NVIDIA GeForce Now, Riot Games), віртуальної та доповненої реальності, а також мереж нового покоління. Такі дисципліни, як Dota 2, League of Legends та CS:GO, демонструють технологічну досконалість через застосування передових графічних двигунів (Source Engine, Unreal Engine 3 тощо), спеціалізованих серверів, штучного інтелекту, інструментарію віртуальної та доповненої реальності, оптимізованих мереж

протоколів, античит-систем для уникнення шахрайства.

Інновації у кіберспортивній галузі продовжують змінювати спосіб взаємодії між гравцями та глядачами, сприяючи зростанню популярності кіберспорту на глобальному рівні, а технології – створюють адаптивне майбутнє для цієї індустрії, що об'єднує розваги, конкуренцію та передові науково-технічні досягнення.

Список літератури:

1. Pokémon UNITE Asia Champions League 2025 – Japan / Statistics. *Esports Charts*. URL: <https://surl.li/kjdsos> (Access date 26 December 2024).
2. ТОП-5 кіберспортивних дисциплін. *Esports Ukraine*. URL: <https://esports.ua/esports/article/1-top-5-kibersportivnich-disciplin> (Дата звернення 28.12.2024).
3. Arena of Valor International Championship 2024 / Statistics. *Esports Charts*. URL: <https://escharts.com/tournaments/aov/arena-valor-international-championship-2024> (Access date 26 December 2024).
4. Шидловська О.Б., Іщенко Т.І. Кіберспорт – новітній напрям в готельній індустрії. *Географія та туризм*. 2019. № 45. URL: <https://surl.li/jyqhkf>
5. Лазнева І. О., Цараненко Д. І. Кіберспорт та його вплив на зміну структури світового ринку комп'ютерних ігор. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2018. № 22. С. 63-67. URL: <https://surl.li/ixzwmf>
6. Чайка Є. В. Стан та динаміка росту ринку кіберспорту. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2018. № 15. DOI: 10.20535/2307-5651.15.2018.143144.
7. Bousquet J., Ertz M. eSports: Historical Review, Current State, and Future Challenges. *Handbook of Research on Pathways and Opportunities Into the Business of Esports*. Publisher: IGI Global. 2021. P. 1-24. DOI: 10.4018/978-1-7998-7300-6.ch001.
8. Werder K. Esport. *Business & Information Systems Engineering*. 2022. 64(3). P. 393-399. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-022-00748-w>.
9. Technology in Esports: Innovations Driving the Industry. *MyRepublic*. 2024. URL: <https://surl.li/jhxdzf> (Access date 30 December 2024).
10. Оновлення. *DOTA2*. URL: <https://www.dota2.com/news/updates> (Дата звернення 02.01.2025).
11. Updates. *CS*. URL: <https://www.counter-strike.net/news/updates> (Access date 3 January 2025).
12. Game updates. *LoL*. URL: <https://www.leagueoflegends.com/en-us/news/game-updates/> (Access date 3 January 2025).

Yefimenko A.Yu., Koibichuk V.V., Mynenko S.V., Kushnerov O.S., Hrytsenko K.H.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE ESPORTS DISCIPLINES DEVELOPMENT:

TRENDS AND PROSPECTS

Esports is a modern-world phenomenon that combines high technologies, interactive entertainment, and a global audience. The rapid development of the industry is largely driven by advancements in hardware, software, and networking technologies. The aim of the study is to identify the key technological aspects of the development of esports disciplines, their trends, and the prospects for future innovative changes.

The article discusses the technologies and their impact on the development of esports disciplines as the core elements of the esports industry, taking into account current challenges. Special attention is given to the implementation of innovative solutions such as specialized artificial intelligence algorithms, virtual and augmented reality, high-performance computing platforms, cloud platforms (Xbox Cloud Gaming, NVIDIA GeForce Now, Riot Games), next-generation networks (10 Gb/s networks and low-latency networks), and others.

During the analysis and comparison of the technologies used in the esports disciplines Dota 2, League of Legends, and CS:GO, which are in the Top 5, their technological excellence is determined through the use of advanced graphic engines (Source Engine, Unreal Engine 3, etc.), specialized servers for optimising the network code during synchronising the players actions, artificial intelligence, virtual and augmented reality tools, optimized network protocols, anti-cheat systems (Valve Anti-Cheat), scaling modules, server synchronization, network codes, content delivery network, proprietary servers, and data centers.

The role of cloud technologies and modern data transmission tools in shaping the competitive environment for players and organizing tournaments is outlined.

As a result of the study, the key technological areas should be improvement and expanded application in the esports industry.

Key words: esports, esports disciplines, technologies, software, innovations, gaming.