

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)
(позначення документа)

Методи та засоби технічної організації онлайн трансляцій відеоігор

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи МІМ-22-2
Олег ДУДНИК
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Медіаінженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Юрій ЛИКОВ
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Володимир КАРТАШОВ
(прізвище, ініціали)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма "Медіаінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Дуднику Олегу Вячеславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби технічної організації онлайн трансляцій відеоігор

затверджена наказом по університету від " 20 " 10 2023 р. № 1224 СТ

2. Термін подання студентом роботи 08.01.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

1. Провести аналіз технічної складової проведення відео трансляцій

2. Провести аналіз програмних засобів проведення онлайн трансляції

3. Провести онлайн трансляцію з відеоігор

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

ВСТУП

1. Аналіз технічної складової проведення відео трансляції

2. Аналіз програмних засобів проведення онлайн трансляції

3. Проведення онлайн трансляцій відеоігор

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ


5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій:

1. Постановка задачі; 2. Актуальність дослідження; 3. Аналіз технічної складової проведення відео трансляцій відеоігор; 4. Порівняльний аналіз стрімінгових платформ; 5. Порівняльний аналіз стрімінгових програм; 6. Структурна схема проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту з використанням програмного забезпечення; 7. Структурна схема проведення прямого ефіру та показ ігрового процесу; 8. Узагальнена структурна схема проведення прямих ефірів з використанням різних технологій; 9. Структурна схема прямого ефіру з демонстрацією екрану; 10. Структурна схема проведення прямого ефіру за відеоігор з використанням технічного обладнання; 11. Інтерфейс налаштованої програми OBS Studio; 12. Внутрішній інтерфейс прямого ефіру YouTube; 13. Розрахунок час реверберації для середньої частоти мовного спектра 1 кГц за формулою Ейрінга; 14. Висновки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічної складової проведення відео трансляцій	20.10.23–28.11.23	
2.	Аналіз програмних засобів проведення онлайн трансляції	21.11.23–28.11.23	
3.	Проведення онлайн трансляцій відеоігор	01.12.23–15.12.23	
4.	Графічна частина роботи	15.12.23–20.12.23	
5.	Перевірка керівником	20.12.23–24.12.23	
6.	Перевірка на академічний плагіат	24.12.23–26.12.23	
7.	Перевірка завідувачем кафедри, рецензування	27.12.23–31.12.23	

Дата видачі завдання _____ 20.10.2023 р.

Студент  _____ Олег ДУДНИК
(підпис)

Керівник роботи _____ (підпис) _____ доц. Юрій ЛИКОВ
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: 93 с., 28 рис., 33 посилання.

ВІДЕОПОТІК, ОНЛАЙН ТРАНСЛЯЦІЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, СТІМ, КАМЕРА, МУЛЬТИМЕДІА, ВІДЕО, РЕВЕРБЕРАЦІЯ, ЗВУК, ІНТЕРНЕТ

Об'єкт дослідження – мультимедійні системи для проведення стрімів.

Предмет дослідження – використання мультимедійних систем та для проведення прямих ефірів.

Мета кваліфікаційної роботи – аналіз методів та технічних засобів проведення прямих ефірів, обробки відео потоку та дослідження ефективності використання мультимедійних систем при їх проведенні.

Методи дослідження – методи проведення трансляцій, аналіз технічної складової прямого ефіру, аналіз обробки відео потоку, аналіз створення структурних схем для проведення прямих ефірів,

У даній роботі представлено огляд найбільш поширених методів проведення онлайн трансляцій через ПК.

Також проведено аналітичний огляд засобів та методів, які використовуються для проведення прямих ефірів. В ході роботи створені структурні схеми використання технічних засобів при проведенні стрімів ігор різних форматах. Було проведено та проаналізовано технічні характеристики для проведення ефірів та порівняння платформ з їх технічними складовими.

ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work has: 93 pages, 28 figures, 33 references.

VIDEO STREAMING, ONLINE BROADCAST, SOFTWARE, STREAM, CAMERA, MULTIMEDIA, VIDEO, REVERBERATION, SOUND, INTERNET

The object of research is multimedia systems for conducting streams.

The subject of the research is the use of multimedia systems and for conducting live broadcasts.

The purpose of the qualification work is to analyze the methods and technical means of conducting live broadcasts, video stream processing, and researching the effectiveness of using multimedia systems during their conduct.

Research methods – broadcasting methods, analysis of the technical component of live broadcasts, analysis of video stream processing, analysis of creating structural schemes for live broadcasts,

This work presents an overview of the most common methods of conducting online broadcasts via a PC.

An analytical review of the means and methods used for conducting live broadcasts was also conducted. In the course of the work, structural diagrams of the use of technical means were created when streaming games in various formats. Technical characteristics for broadcasting and comparison of platforms with their technical components were conducted and analyzed.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AVC – Advanced Video Coding;

AVI – Audio Video Interleave (медіаконтейнер, вперше виконаний Microsoft);

HTTP – HyperText Transfer Protocol;

IP – Internet Protocol — інтернет протокол;

Mpeg – Moving Picture Experts Group (стандарт цифрового стиснення відео та аудіо);

RTMP – Real Time Messaging Protocol – протокол потокової передачі даних;

RTSP – Real Time Streaming Protocol – потоковий протокол реального часу;

Стрім – Відео потік онлайн трансляція;

МБ – Мегабайт;

UDP – User Datagram Protocol (протокол датаграм користувача);

HEVC – High Efficiency Video Coding;

URL – Uniform Resource Locator – уніфікований локатор ресурсів;

USB – Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина;

ВЕБ – WWW або WEB – World Wide Web – всевітня мережа;

ПК – персональний комп'ютер;

ХНУРЕ – Харьковський національний університет радіоелектроніки.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ.....	10
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРОВЕДЕННЯ ВІДЕО ТРАНСЛЯЦІЙ	12
1.1 Аналіз якості відео	12
1.2 Аналіз Бітрейт відео.....	14
1.3 Аналіз Відеокодеків	18
1.3.1 H.264	19
1.3.2 H.265 HEVC	20
1.3.3 AV1	21
1.3.4 VP9.....	22
1.3.5 Контейнери	23
1.4 Протоколи зв'язку	26
1.4.1 TLS та SSL	26
1.4.2 Протоколи UDP та TCP	27
1.4.3 Аналіз протоколів для проведення онлайн трансляцій	28
1.5 Аналіз технічних особливостей обладнання для проведення прямих трансляцій	30
1.6 Висновки до розділу	32
2 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОВЕДЕННЯ ОНЛАЙН ТРАНСЛЯЦІЇ	34
2.1 Аналіз онлайн платформ	34
2.1.1 YouTube.....	35
2.1.2 Facebook	36

2.1.3 Instagram.....	37
2.1.4 TikTok.....	38
2.1.5 Twitch.....	39
2.2 Аналіз програмного забезпечення для стріму.....	41
2.2.1 OBS Studio.....	42
2.2.2 Streamlabs OBS	43
2.2.3 XSplit Broadcaster	44
2.2.4 vMix	45
2.2.5 TikTok LIVE Studio	46
2.3 Обґрунтування програм для проведення прямих ефірів.	47
2.4 Висновки до розділу	50
3 ПРОВЕДЕННЯ ОНЛАЙН ТРАНСЛЯЦІЙ ВІДЕОІГОР	52
3.1 Розробка структурних схем проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту	52
3.1.1 Аналіз проведення прямого ефіру з відеоігор з використанням демонстрації екрану	54
3.1.2 Аналіз проведення прямого ефіру з відеоігор з обладнанням та відеоматеріалами.....	55
3.2 Налаштування програмного забезпечення для проведення онлайн трансляцій	58
3.3 Проведення трансляції.....	75
3.4 Розрахунок реверберацій в приміщенні	78
3.5 Висновки до розділу	84
Висновки	85
Перелік посилань.....	87
Додатки.....	94

Додаток А..... 95
Додаток Б 102

ВСТУП

У сучасному світі онлайн трансляції відеоігор є популярним способом проведення дозвілля та спілкування. Вони дозволяють геймерам ділитися своїми успіхами з іншими гравцями, а також дивитися, як грають інші.

Сучасні технології дозволяють проводити онлайн трансляції відеоігор з високою якістю та ефективністю. Однак, існують деякі проблеми, які заважають подальшому розвитку цієї галузі.

Однією з проблем є необхідність забезпечення високої якості відео при низькій пропускну здатності мережі. Це пов'язано з тим, що відеоігри, як правило, мають високу роздільну здатність та високу частоту кадрів.

Іншою проблемою є необхідність забезпечення високої ефективності трансляцій. Це пов'язано з тим, що онлайн трансляції відеоігор можуть споживати значну кількість ресурсів.

У галузі методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор було розв'язано ряд завдань. Одним із завдань було підвищення якості відео. Для цього було розроблено алгоритми підвищення роздільної здатності відео, зниження шуму в відео та корекції кольору та освітлення в відео.

Іншим завданням було підвищення ефективності трансляцій. Для цього було розроблено алгоритми стиснення відео, оптимізації мережі передачі даних та прогнозування навантаження на мережу.

Світові тенденції розв'язання поставлених проблем і завдань в області методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор зводяться до наступного:

- подальше підвищення якості відео. Це пов'язано з розвитком технологій отримання відео високої якості та технологій кодування та декодування відео;

- подальше підвищення ефективності трансляцій. Це пов'язано з розвитком технологій стиснення відео та оптимізації мережі передачі даних.

Актуальність роботи в області методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор обумовлена такими факторами:

- зростаючий попит на онлайн трансляції відеоігор;
- поява нових технологій, які дозволяють підвищити якість та ефективність онлайн трансляцій.

Підставою для виконання роботи є необхідність розробки нових методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор, які дозволять підвищити якість та ефективність таких трансляцій.

Ціль роботи полягає в розробці нових методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор, які дозволять підвищити якість та ефективність таких трансляцій.

Можливі сфери застосування розроблених методів та засобів включають:

- онлайн трансляції відеоігор професійних геймерів;
- онлайн трансляції відеоігор для користувачів;
- онлайн трансляції відеоігор для навчальних цілей.

Результати робіт в області методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор можуть бути використані в інших галузях, наприклад, в галузі онлайн трансляцій відео та в галузі відеоконференцій.

Таким чином, розробка нових методів та засобів технічної організації онлайн трансляцій відеоігор є актуальним завданням, яке має важливе значення для подальшого розвитку цієї галузі.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРОВЕДЕННЯ ВІДЕО ТРАНСЛЯЦІЙ

Відео представляє собою широкий спектр технологій, які включають запис, передачу, обробку, зберігання і відтворення візуального та аудіовізуального матеріалу.

Початкові відеодані, що приходять у вигляді аналогових сигналів, обробляються комп'ютерно для перетворення їх у цифровий формат, необхідний для зберігання на носіях, таких як жорсткі диски чи флешки. При стиканні з великими обсягами даних стиснення відео дозволяє зменшити їх розмір, хоча час, необхідний для розпакування, залежить від обчислювальної потужності використаних систем. "Пряма трансляція" це передача мультимедійного вмісту в реальному часі віддаленим користувачам. Для здійснення прямої трансляції необхідно мати вихідний пристрій (наприклад, відеокамеру, аудіоінтерфейс, програмне забезпечення для захоплення екрану), кодер для перетворення вмісту у цифровий формат, і мережу доставки контенту для передачі та розповсюдження [1].

1.1 Аналіз якості відео

Оцінка якості відео є порівнянням обробленого матеріалу з оригіналом, що відображається через різноманітні системні впливи на послідовність відео. Така характеристика відтворення має велике значення для різних систем, оскільки визначає якість подання відеоматеріалу [2].

Сьогодні якість відео оцінюється шляхом застосування об'єктивних метрик, що дають спеціальні засоби вимірювання, та суб'єктивних, які враховують умови перегляду, психологічний стан та інші аспекти відчуття користувача.

Один з найпопулярніших об'єктивних методів оцінки якості зображення відео — це PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio). PSNR вимірює співвідношення максимального можливого сигналу до рівня шуму, який виникає при стисненні чи обробці сигналу. Цей показник допомагає визначити, наскільки сильно відрізняється стиснене відео від оригіналу, де велике значення PSNR вказує на менше спотворення або втрату якості.

Проте слід зауважити, що PSNR має свої обмеження, оскільки не завжди точно відображає сприйняття якості відео користувачем. Тому, хоча він є широко використовуваним, науковці і інженери також розробляють і використовують інші метрики для об'єктивної оцінки якості відео.

Існує кілька метрик, які використовуються для об'єктивної оцінки якості відео та зображень. Ось деякі з найпоширеніших:

- MSAD (Modified Sum of Absolute Differences) оцінює середню різницю в значеннях кольорових компонентів для відповідних точок у зображенні;
- NQI (New Quality Index) дозволяє оцінювати якість зображення через втрату кореляції, спотворення яскравості та контрасту;
- SSIM (Structural Similarity Index): Оцінює подібність структури та змін в зображенні порівняно з оригінальним зображенням;
- MS-SSIM (Multi-Scale Structural Similarity): Розширення SSIM, яке враховує більше інформації з різних масштабів зображення;
- VIF (Visual Information Fidelity): Вимірює відхилення між оригінальним і переробленим зображеннями з урахуванням психовізуальних особливостей сприйняття;
- VMAF (Video Multimethod Assessment Fusion): Використовується для відео та оцінює якість за допомогою різноманітних методів;
- MOS (Mean Opinion Score): Оцінюється за допомогою людських тестів або експертної оцінки якості зображення на основі середнього показника.

Ці метрики використовують різні підходи та алгоритми для визначення та порівняння якості зображень та відео.

Суб'єктивна оцінка якості зображення відео полягає в сприйнятті людиною відео з точки зору його якості. Ось деякі метрики, що використовуються для суб'єктивної оцінки:

- Mean Opinion Score (MOS). Питає у користувачів про їхню загальну думку про якість відео на шкалі від поганої до відмінної;
- DSIS (Double Stimulus Impairment Scale). Порівнює якість двох відео. Користувачам показуються два відео: одне відоме (зразок), інше — те, яке оцінюється. І користувачі визначають, наскільки вони відрізняються;
- SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation). Це метод, де користувачам показують одне відео, а потім вони оцінюють його якість на протязі всього відео;
- DSCQS (Degradation Category Rating Scale): Користувачі розділяють якість на певні категорії, які відображають ступінь сприйняття різних рівнів якості.

Ці метрики допомагають здійснювати оцінку якості відео з точки зору сприйняття користувачів і дозволяють зрозуміти, наскільки задоволені люди переглядом відео.

1.2 Аналіз Бітрейт відео

Бітрейт - це кількість даних, які передаються або обробляються за певний час, зазвичай вимірюється у бітах на секунду (bps) або кілобітах на секунду (kbps). Він визначає обсяг інформації, яку можна передати або зберегти за певний період часу, що впливає на якість відео чи аудіо.

Таким чином, якість та обсяг аудіофайлів буде варіюватися відповідно до обраних параметрів бітрейту, що є ключовим для загального враження від звуку, музики, ефектів та подкастів.

Зазвичай, більший бітрейт перетворюється на більший розмір файлу і вищу якість. На відміну, менший бітрейт зменшує обсяг файлу, але й призводить до втрати якості.

Вибір оптимальних параметрів бітрейту часто є завданням по знаходженню найкращого компромісу між розміром файлу та якістю, враховуючи такі аспекти, як відеобітрейт для плавності потокової передачі та обсягу для зберігання.

Відеобітрейт зазвичай позначається у Мбіт/с або Мбіт/с (мегабіт в секунду), в той час як аудіобітрейт записується у Кбіт/с або Кбіт/с (кілобіт в секунду).

Проведем аналіз: який бітрейт найбільше підходить для стрімінгу відеоігрового контенту.

Для стабільної потокової передачі відео необхідно вибирати відповідний рівень роздільної здатності. Наприклад, для стрімінгу на Facebook, YouTube, TikTok та інших платформах оптимальними бітрейтами відео є:

- YouTube:
 1. 2160p/4K. Рекомендований бітрейт зазвичай від 30,000 до 35,000 Kbps;
 2. 1440p/2к. Рекомендований бітрейт зазвичай 15,000 до 24,000 Kbps;
 3. 1080p (Full HD). Рекомендований бітрейт зазвичай від 6,000 до 12,000 Kbps. Це дозволяє забезпечити високу якість відео при показі у форматі Full HD.
 4. 720p (HD). Для меншої роздільної здатності, бітрейт зазвичай варіюється від 4,000 до 6,000 Kbps. Це також дозволяє забезпечити якісне відтворення у форматі HD.
 5. Facebook:

6. 1080p (Full HD). Рекомендований бітрейт зазвичай коливається від 4,500 до 9,000 Kbps. Це дозволяє забезпечити високу якість відео при показі у форматі Full HD.
 7. 720p (HD). Для меншої роздільної здатності, бітрейт зазвичай варіюється від 2,250 до 4,000 Kbps. Це також дозволяє забезпечити якісне відтворення у форматі HD.
- TikTok:
1. 1080p (Full HD). Рекомендований бітрейт зазвичай від 4,500 до 10,000 Kbps.
 2. 720p (HD): Рекомендований бітрейт варіюється від 3,500 до 6,000 Kbps.

Кадрова частота

Кадрова частота - це кількість кадрів, які відображаються за секунду у відео. Вона вимірюється в кадрах на секунду (fps). Чим вища кадрова частота, тим більш плавно та детально відтворюється рух на екрані.

Стандартні значення кадрової частоти для відео - 24, 30 або 60 кадрів на секунду. 24 fps використовується у кіноіндустрії, 30 fps - стандарт для більшості відеоматеріалів, а 60 fps надає більш плавний, "реалістичний" ефект, особливо при швидких рухах.

Для стрімінгу на платформи, такі як YouTube, Twitch або Facebook, рекомендовані значення кадрової частоти можуть варіюватися від 30 до 60 fps в залежності від типу контенту та технічних можливостей користувача.

У сучасний час доступні камери, що здатні записувати у 120 кадрах на секунду, а деякі професійні моделі можуть зафіксувати 1000 кадрів в секунду і більше. У випадку ігрових онлайн трансляцій найчастіше використовується кадрова частота 60 fps, що надає плавності відео та більше «реалістичний» ефект при перегляді.

Роздільна здатність. Роздільна здатність визначається кількістю пікселів, які можна відобразити на екрані. Чим вища роздільна здатність, тим більш деталізоване та якісне зображення. Чим більше пікселів, тим більша роздільна здатність, що впливає на загальну якість зображення.

Піксель - це найменша одиниця графіки або зображення, що відображається на цифровому пристрої. Роздільна здатність розраховується як ширина пікселя помножена на його висоту. Більша кількість пікселів вказує на кращу роздільну здатність, в той час як менша кількість пікселів показує відео зі зниженою роздільною здатністю.

Роздільність дозволяє оцінити якість відео та його чіткість. Зазвичай, вища роздільність означає більш чітке відтворення. Вимірюється цей параметр у пікселях у відповідності до стандартного співвідношення сторін 16:9, яке загально використовується для моніторів комп'ютерів та телевізорів.

Найпоширеніші типи роздільної здатності що зараз використовуються:

- SD (Standard Definition): 480р, співвідношення 4:3, 640 x 480 пікселів;
- HD (High Definition): 720р, співвідношення 16:9, 1280 x 720 пікселів;
- Full HD (FHD): 1080р, співвідношення 16:9, 1920 x 1080 пікселів;
- QHD (Quad HD): 1440р, співвідношення 16:9, 2560 x 1440 пікселів;
- 2K video: 1080р, співвідношення 1:1;77, 2048 x 1080 пікселів;
- 4K video або Ultra HD (UHD): 4K або 2160р, співвідношення 1:1;9, 3840 x 2160 пікселів;
- 8K video або Full Ultra HD: 8K або 4320р, співвідношення 16:9, 7680 x 4320 пікселів.

Для багатьох онлайн трансляцій найпопулярніша роздільна здатність - 1080р, також відома як Full HD.

Роздільна здатність 1080р має декілька переваг:

- висока якість. Full HD забезпечує дуже чітке зображення завдяки великій кількості пікселів;
- широкий розповсюдження. Цей формат широко підтримується багатьма пристроями і платформами для стрімінгу;
- прийнятна кількість даних. Дозволяє забезпечити високу якість без значного збільшення обсягу файлу;

- зручна для трансляцій. Підходить для більшості онлайн трансляцій, оскільки забезпечує гарне зображення без значного навантаження на інтернет-з'єднання глядачів.

1.3 Аналіз Відеокодеків

Стиснення відео – це ключовий етап у процесі збереження та передачі відеозаписів, оскільки це перетворює великі файли у менші формати, дозволяючи економити місце на жорсткому диску. Воно суттєво зменшує обсяг відеоматеріалів, викорінюючи непотрібні або дубльовані кадри та залишаючи лише ключові моменти. Це можна уявити, як колекцію зображень, де стиснення видаляє надлишкову інформацію та зберігає лише суттєве.

Переваги стиснення відео включають зменшення розміру файлів та потребу у пропускній здатності для передачі. Однак саме стиснення не завжди гарантує оптимальний вміст для різних пристроїв та платформ. Тут на допомогу приходять кодування відео, що визначає конкретний тип стиснення відео.

Кодування відео залучає штучний інтелект для підвищення якості стиснення. Його головна перевага полягає у здатності ретельно виявляти деталі та імітувати спосіб сприйняття людським оком, щоб забезпечити найвищу якість відео. Воно оптимізує процес кодування в залежності від типу вмісту або частини зображення, яка зазвичай привертає увагу людського ока. Замість видалення простих кадрів, кодування штучним інтелектом фокусується на головних моментах, відкидаючи надлишок.

Відеокодек – це програмне забезпечення чи апаратний засіб, що стискує та кодує відео для якісної передачі. Його основна мета полягає в зменшенні розміру файлів та обмеженні потреби у швидкості передачі даних, не втрачаючи якості оригінального матеріалу. Кодек, як правило, складається з кодера (co-) та декодера (-dec). Однак крім кодування (стискання) відео, він також здатний розкодувати (розпаковувати) його для подальшого

відтворення. Різні пристрої та платформи підтримують різні кодеки. Без відповідного кодека у закодованому відео відтворення буде неможливим.

Принцип роботи кодеків зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 - Принцип роботи кодеків

Найпопулярніші відеокодеки, які широко використовуються, включають H.264 (також відомий як AVC), H.265 (HEVC), VP9, AV1, MPEG-4 і MJPEG. Кожен з них має свої особливості, плюси й мінуси, та використовується для різних потреб кодування та стиснення відео.

1.3.1 H.264

Стандарт H.264 має вражаючу універсальність, охоплюючи різноманітні програми, мережі та системи. Цей стандарт може працювати як з низькими, так і з високими бітовими швидкостями, обробляючи відео різної роздільної здатності, впродовж зберігання і передачі по пакетних IP-мережах, як-от Інтернет, супутник або кабельні системи.

H.264 знайшов широке застосування у різних галузях та на різних пристроях, починаючи від професійних декодерів і закінчуючи вбудованою підтримкою у браузерях та мобільних пристроях. Його вибірковість та можливість пристосовуватись до різноманітних умов зробили його одним із найзатребуваніших стандартів у світі відеокодування.

H.264, також відомий як AVC (Advanced Video Coding), є одним з найпоширеніших відеокодеків. Він забезпечує ефективне стиснення відео зі

збереженням високої якості. Ось деякі його характеристики та використання для прямих ефірів:

Стиснення високої якості: H.264 забезпечує хороше стиснення відео без втрати візуальної якості. Це дозволяє передавати відео високої роздільної здатності при мінімальному обсязі даних.

Широке використання: Цей кодек підтримується багатьма платформами та пристроями, що робить його одним з універсальних форматів для прямих ефірів. Багато онлайн-платформ і сервісів стрімінгу використовують H.264 для відеоконтенту.

Низька пропускна здатність: H.264 дозволяє знизити вимоги до пропускної здатності мережі, забезпечуючи більш ефективну передачу відео в онлайн-середовищі.

Підтримка високих роздільних здатностей: Кодек підтримує відео з високими роздільними здатностями, що дозволяє транслювати вміст у форматах від 720p до 4K.

Ефективність: H.264 є досить ефективним кодеком для передачі відео в реальному часі, такому як прямі ефіри. Він забезпечує гнучкість у виборі якості відео, що робить його популярним у стрімінгових сервісах та онлайн-трансляціях.

1.3.2 H.265 HEVC

H.265 HEVC - це стандарт стиснення відео, розроблений як наступник популярного H.264/MPEG-4 AVC. Він був затверджений Міжнародним союзом електрозв'язку (ITU-T) у 2013 році і використовується в широкому спектрі додатків, включаючи потокове відео, запис відео та зберігання відео.

Основні технічні характеристики H.265 HEVC:

- H.265 HEVC може забезпечити до 50%-го зменшення розміру файлу порівняно з H.264/MPEG-4 AVC при збереженні того ж рівня якості відео. Це означає, що для трансляції відео з високою роздільною

здатністю та частотою кадрів можна використовувати меншу пропускну здатність;

- H.265 HEVC забезпечує більш високу роздільну здатність і частоту кадрів, ніж H.264/MPEG-4 AVC, що робить його ідеальним для 4K-відео та вище;
- H.265 HEVC забезпечує покращену деталізацію та контрастність зображення, ніж H.264/MPEG-4 AVC. Це означає, що відео виглядає більш реалістично і яскраво.

Порівняння H.265 HEVC з іншими кодеками:

- AV9 - це новий стандарт стиснення відео, розроблений як наступник H.265 HEVC. Він пропонує ще більшу ефективність стиснення, ніж H.265 HEVC, а також покращену якість зображення. AV9 все ще перебуває в розробці, але він має потенціал стати стандартом стиснення відео наступного покоління;
- AV1 - це безкоштовний і відкритий кодек стиснення відео, розроблений як альтернатива платним кодекам, таким як H.265 HEVC. Він забезпечує ефективність стиснення, подібну до H.265 HEVC, але він ще не підтримується так широко, як H.265 HEVC.

1.3.3 AV1

AV1 - це стандарт стиснення відео, розроблений з метою забезпечення високої якості зображення при ефективному використанні пропускну здатності мережі. Він є продуктом колективної роботи Alliance for Open Media, що включає компанії, такі як Google, Apple, Netflix, Amazon і багато інших.

Основна мета AV1 - забезпечити високу якість відео при ефективному використанні бітрейту. Цей стандарт використовує передові технології стиснення для зменшення розміру відеофайлів без втрати якості зображення.

Це дозволяє стрімко передавати відео з високою роздільною здатністю при обмеженій пропускній здатності.

AV1 широко використовується для прямих трансляцій у відеоплатформах, стрімінгових сервісах, мережевих передачах відео та в інших мультимедійних застосунках. Цей стандарт стає все більш популярним завдяки своїм вражаючим характеристикам та здатності до забезпечення високої якості відео навіть при обмежених ресурсах пристроїв та мережі.

1.3.4 VP9

VP9 - це відеокодек, розроблений компанією Google як відкритий стандарт стиснення відео. Він був створений для покращення ефективності стиснення та забезпечення високоякісного відео без великої пропускної здатності.

Його основна мета - забезпечити високу якість відео при ефективному використанні пропускної здатності мережі. VP9 використовується для стиснення відео, зменшуючи розмір файлу при збереженні якості зображення. Цей кодек відомий своєю ефективністю при відтворенні високоякісного відео з низьким бітрейтом.

Обираючи між VP9 та H.265, користувачі часто вибирають VP9, оскільки він має менші вимоги до обчислювальних ресурсів для декодування і є більш розповсюдженим у веб-середовищі, де важлива висока якість при обмеженій пропускній здатності. Однак H.265 є популярним у деяких промислових сегментах із великою кількістю контенту, де необхідна максимальна ефективність стиснення.

Google виготовив VP9 як альтернативу H.265, створивши можливість підтримки цього кодеку у телефонах Android, в браузері Chrome та на YouTube. VP9 надає кращу якість відео при такій же швидкості передачі даних, ніж H.265. Незважаючи на те, що VP9 підтримує більше пристроїв, ніж AV1, він не підтримується пристроями Apple. У зв'язку з тим, що всі ці

варіанти доступні вже зараз, а майбутні можливості наближаються, використання різних кодеків стає критично важливим для стратегії доставки відео.

Порівняння кодеків, зважаючи на характеристики H.264, H.265, AV9 і AV1:

1. H.264 впроваджений у 2003 році, має нижчий ступінь стиснення порівняно з H.265, але має найкращу роздільну здатність та швидкість загрузки. Це платний кодек з низьким споживанням ресурсів і якісним кодуванням для відео з невеликим бітрейтом.
2. H.265, запроваджений у 2013 році, має вдвічі більший ступінь стиснення, але меншу роздільну здатність і швидкість загрузки, ніж H.264. Він також є платним кодеком і вимагає високого рівня ресурсів, проте забезпечує якісне кодування для великого бітрейту відео.
3. AV9, представлений у 2013 році, має менший ступінь стиснення, але вищу роздільну здатність та швидкість загрузки порівняно з H.265. Це безкоштовний кодек, але вимагає великої кількості ресурсів, проте надає якісне кодування для великого бітрейту відео.
4. AV1, який з'явився у 2015 році, має найкращий ступінь стиснення, але найгіршу роздільну здатність та швидкість загрузки серед усіх чотирьох кодеків. Це безкоштовний кодек з високим споживанням ресурсів, однак забезпечує якісне кодування для великого бітрейту відео.

Кожен кодек має свої переваги та обмеження, що робить їх придатними для різних сценаріїв використання.: Якісне для відео з великим бітрейтом.

1.3.5 Контейнери

Контейнер – це формат файлу, що включає аудіо-, відеокодеки та інші дані, пов'язані з відеопотоком. Ця упаковка дозволяє об'єднати всі складові і визначити, які пристрої зможуть відтворити цей потік.

Проте не всі платформи підтримують однакові контейнери, кодеки чи формати стиснення. Наприклад, файли .mov та .wmv можуть мати спільні дані та кодеки, але .mov відтворюється на MacOS, а .wmv на ПК з Windows. Обернена ситуація неможлива. Це чому багатоформатне кодування настільки важливе для передачі на різноманітні пристрої. Для успішного стиснення відео також потрібно досягти оптимальної швидкості передачі даних, одночасно підвищуючи якість зображення.

Найпоширеніші формати стиснення відео: .mp4, .avi, .mkv, .webM

Формат .webM, створений Google, аналогічний формату зображень .WEBP, використовується для потокового відео на HTML5-сайтах, таких як YouTube. Відео у форматі .webM мають відносно маленький розмір, але можуть мати меншу якість порівняно з іншими форматами.

Формати .mp4, .m4p, .m4v є файли без втрат, що робить їх чудовими для редагування, зберігання якості при подальшому редагуванні та збереженні файлів. Вони широко використовуються для потокової передачі відео через Інтернет та, як правило, мають вищу якість, але більший розмір порівняно з .webM.

Формат .avi є одними з найстаріших та найбільш сумісних форматів відео. Цей формат підтримує різні кодеки, що надає більшу гнучкість при виборі якості та розміру файлу. Однак їх розмір може бути більшим, що робить їх менш ідеальними для Інтернет-потоків, але кращими для зберігання фільмів на комп'ютері.

Формат MKV може включати аудіо, відео та субтитри в одному файлі. Цей універсальний формат підтримує майже будь-який формат відео та аудіо, що робить його зручним та простим у використанні, завдяки постійному оновленню відеоданих.

Розглянемо порівняння найпопулярніших форматів відео:

1. AVI:

- розмір найбільший серед перерахованих форматів;

- якість вища, ніж у MP4 та WEBM;
- частково платний;
- підтримує різноманітні кодеки, включаючи H.264/MPEG-4 AVC, MPEG-1, MPEG-2, і інші.
- володіє високою швидкістю обробки файлів при конвертації з нестиснутого відеоматеріалу.

2. MP4:

- розмір зазвичай менший, ніж у AVI;
- якість менше, ніж у AVI;
- частково платний;
- головний кодек - H.264;
- найбільш розповсюджений та підтримується практично на всіх пристроях.

3. WEBM:

- розмір найменший серед перерахованих форматів.
- якість зазвичай нижча.
- безкоштовний у використанні.
- основні кодеки - VP9, AV1.
- спеціально розроблений для використання в інтернеті, часто застосовується на платформах HTML5, таких як YouTube.

4. MKV:

- розмір - зазвичай більший, ніж у WEBM та MP4.
- якість найвища серед перерахованих форматів.
- безкоштовний у використанні.
- підтримує майже всі кодеки.
- підтримує "м'які" субтитри, має широку універсальність.

1.4 Протоколи зв'язку

Протокол - це набір правил, які визначають, як дані передаються між комп'ютерами чи всередині них. Успішний обмін даними між пристроями потребує узгодження формату інформації, яка буде використовуватися під час обміну.

1.4.1 TLS та SSL

У свою чергу, безпека транспортного рівня (Transport Layer Security, TLS) – це широко використовуваний протокол, призначений для захисту конфіденційності та безпеки даних у мережі. Основне призначення TLS – зашифрувати спілкування між веб-програмами та серверами, такими як веб-браузери, що відкривають веб-сайти, а також для захисту інших форм комунікації, таких як електронна пошта та передача голосу через IP (VoIP).

Протокол SSL (Secure Sockets Layer) є механізмом для створення захищеного каналу зв'язку між комп'ютерами на базі TCP. Використовуючи асиметричне шифрування для утворення сеансу зв'язку та обміну ключами, він застосовує метод діалогу для забезпечення впевненості у тому, що сторони спілкуються між собою, запобігаючи підміні партнера. Він також створює загальний симетричний ключ для ефективною передачі даних.

Проаналізуємо різницю між SSL та TLS. TLS є еволюцією протоколу шифрування SSL. Версія 1.0 TLS почала розробку як версія 3.1 SSL, але перед публікацією змінили назву протоколу, щоб відокремитися від Netscape. Ця історія призвела до використання термінів TLS та SSL як синонімів.

Для використання TLS на веб-сайті чи в програмі необхідно мати сертифікат TLS, що встановлений на основному сервері. Цей сертифікат виданий центром сертифікації особі або компанії, що володіє доменом, і містить важливу інформацію про власника домену та відкритий ключ сервера для перевірки ідентифікації сервера. Підключення за допомогою TLS

розпочинається із послідовності, відомої як рукостискання TLS, коли користувач переходить на веб-сайт, і встановлюється з'єднання між пристроєм користувача (клієнтським пристроєм) та веб-сервером.

Під час рукостискання TLS між пристроєм користувача та веб-сервером відбувається:

5. Визначення обраної версії TLS (TLS 1.0, 1.2, 1.3 і т. д.).
6. Установлення шифрованих наборів для подальшого використання.
7. Аутентифікація особи сервера за допомогою сертифіката TLS сервера.
8. Створення сеансових ключів для шифрування повідомлень після завершення рукостискання.
9. Рукостискання TLS встановлює набір шифрів для конкретного сеансу зв'язку. Це визначає алгоритми, які використовуються для обміну даними, такі як спільні ключі шифрування або ключі сеансу. TLS здатний створювати відповідні сеансові ключі через незашифрований канал завдяки технології, відомій як криптографія відкритого ключа.
10. Відкриті ключі - це ключі шифрування, що використовують одностороннє шифрування. Кожен, хто має відкритий ключ, може розшифрувати дані, зашифровані приватним ключем сервера, для підтвердження їх автентичності. Однак тільки початковий відправник може зашифрувати дані за допомогою закритого ключа. Відкритий ключ сервера є складовою його сертифіката TLS.

1.4.2 Протоколи UDP та TCP

TCP (Transmission Control Protocol) - це протокол, що спрямований на забезпечення з'єднання. Це означає, що пристрої для зв'язку повинні встановити з'єднання перед передачею даних та закрити його після передачі. На відміну від цього, UDP (User Datagram Protocol) - це протокол, орієнтований на трансляцію. Тут немає витрат на відкриття, підтримку та

завершення з'єднання. UDP ефективний для широкомовної та багатоадресної передачі в мережі. Розбіжності між TCP та UDP включають:

- TCP - надійний, оскільки гарантує доставку даних до маршрутизатора призначення. UDP - швидший, простіший та більш ефективний;
- TCP забезпечує розширені механізми перевірки помилок, контроль потоку та підтвердження даних;
- TCP використовується для протоколів HTTP, FTP, SMTP та Telnet;
- UDP використовується для протоколів DNS, DHCP, TFTP, SNMP, RIP та VoIP.

1.4.3 Аналіз протоколів для проведення онлайн трансляцій

Microsoft Smooth Streaming:

- кодеки - H.264, VC-1;
- підтримується на пристроях Microsoft, iOS, Xbox;
- затримка від 6 до 30 секунд;
- адаптивний бітрейт, можливість відтворення на iOS;
- використання запатентованої технології.

RTMP (Real-Time Messaging Protocol):

- кодеки - H.264, VP8, VP6, Video v1 & v2;
- підтримується Flash Player, Adobe AIR;
- затримка приблизно 5 секунд;
- низька затримка, відсутність необхідності в буферизації.
- неоптимальна оптимізація.

RTSP (Real-Time Streaming Protocol):

- кодеки - H.265, H.264, VP9, VP8;
- підтримується Quicktime Player, Video LAN, VLC Media Player;
- затримка -приблизно 2 секунди;
- низька затримка, підтримка більшості IP-камер;

- не призначений для кінцевих користувачів відео.

SRT:

- підтримка всіх типів кодеків;
- сумісний з VLC Media Player, FFPlay, Brightcove;
- затримка - зазвичай 3 секунди;
- висока якість відео, низька затримка відтворення через неоптимальні мережі;
- має обмежену підтримку для відтворення відео на різних платформах.

MPEG-DASH:

- підтримка всіх типів кодеків;
- сумісний з Android після 2012 року, телевізорами Samsung, Philips, Sony, Panasonic;
- Затримка від 6 до 30 секунд;
- міжнародний стандарт адаптивного бітрейту, незалежний від постачальника;
- не підтримує iOS та Apple TV.

HDS:

- кодеки - H.264, VP6;
- підтримується Flash Player, Adobe AIR;
- затримка 6–8 секунд;
- використовує адаптивну технологію для Flash;
- це запатентована технологія з обмеженою підтримкою.

HLS:

- кодеки - H.265, H.264;
- підтримується на iOS, macOS, Firefox, Edge, Safari, Chrome;
- затримка 10 секунд;
- використовує адаптивний бітрейт, має широку підтримку платформ;
- має велику затримку.

WebRTC:

- підтримує кодеки - H.264, VP8, VP9;
- працює в Chrome, Firefox, Safari;
- затримка зазвичай 0.5 секунди;
- призначений для відеоконференцій, має низьку затримку;
- не підходить для відтворення великої кількості відео.

RTMPS (Secure Real-Time Messaging Protocol SSL/TLS):

- підтримує кодеки - H.264, VP8, VP9;
- співпрацює з Flash Player, Adobe AIR;
- має низьку затримку під час передачі даних через SSL/TLS;
- забезпечує безпеку шляхом шифрування даних, використовується для захищеного передавання відео за допомогою протоколу RTMP;
- може мати обмежену підтримку в деяких програвачах або платформах для відтворення відео.

1.5 Аналіз технічних особливостей обладнання для проведення прямих трансляцій

Технічні особливості обладнання для проведення онлайн трансляцій можуть залежати від конкретної платформи або програми, що використовується для стрімінгу. Однак, ось загальні вимоги, які часто варто враховувати:

- висока швидкість інтернет-з'єднання є важливою для стабільного стрімінгу. Рекомендована швидкість може коливатися, але для якісної HD трансляції відео потрібно близько 5-10 Mbps відвантаження та більше для стрімінгу у 4K;
- потрібен потужний комп'ютер, особливо при високій якості стрімінгу. процесор, оперативна пам'ять і відеокарта важливі для обробки і відтворення відео у реальному часі;

- відео та аудіо обладнання вимагає високої якості хорошої веб-камери або камери, а також якісного мікрофона або аудіоінтерфейсу для чистого звуку.
- потрібне програмне забезпечення для стрімінгу. Це може бути платформа для стрімінгу (наприклад, Twitch, YouTube), або програма для стрімінгу (наприклад, OBS Studio, Streamlabs OBS, XSplit і т. д.);
- важливо впевнитися, що мережеве обладнання (роутер, комутатор) може підтримувати високі швидкості передачі даних і мати стабільне підключення;
- переконайтеся, що обране програмне забезпечення або платформа підтримує підключення вашого обладнання та потреби стрімера.

Ці вимоги можуть змінюватися в залежності від специфіки стрімінгу (якість, роздільна здатність, FPS) та від вимог конкретної платформи чи програми для стрімінгу.

Для проведення прямих трансляцій ігор у 2023 році, основне обладнання та програмне забезпечення, що може бути актуальним, включає в себе наступні технічні особливості:

Обладнання:

1. Комп'ютер:

- міцний процесор, наприклад Intel i7 або AMD Ryzen 7, а також велика кількість оперативної пам'яті (принаймні 16 ГБ), для плавної обробки і стрімінгу відео високої якості.

2. Відеообладнання:

- відеокарта з підтримкою захоплення відео (наприклад, NVIDIA GeForce або AMD Radeon), яка дозволяє легко захоплювати вміст з інших пристроїв або консолей;
- веб-камера з підтримкою високих роздільних здатностей (1080p або 4K), щоб забезпечити високу якість обличчя під час трансляцій.

3. Аудіообладнання:

- мікрофон високої якості, наприклад, USB мікрофони, такі як Blue Yeti або Audio-Technica AT2020USB+, для чистого та якісного звуку;
- якщо використовуються професійні мікрофони з XLR-підключенням, аудіоінтерфейс допоможе керувати аудіосигналами.

Програмне забезпечення:

1. OBS Studio. Безкоштовне програмне забезпечення з великим функціоналом для захоплення, стрімінгу та налаштування трансляцій;
2. Streamlabs OBS. Ще одна популярна безкоштовна програма для стрімінгу, яка має багатий функціонал та інтеграцію зі стрімінговими платформами;
3. XSplit. Платне програмне забезпечення, що також надає широкі можливості для трансляцій та захоплення вмісту.

Ці програми мають широкі можливості налаштування, підтримують різні формати відео та аудіо, дозволяють налаштовувати інтерфейс та ефективно проводити стрімінгові сесії для ігор.

1.6 Висновки до розділу

У даному розділу був проведений аналіз технічної складової проведення відео трансляцій.

В сегменті онлайн трансляцій доцільно опиратися на суб'єктивну оцінку якості відео, бо більшість людей планує дивитися трансляції у наукових, пізнавальних цілях і не рідко буде зберігати та використовувати у постобробці.

Найефективнішим відеокодеком для прямих ефірів є H.265 HEVC. Він забезпечує до 50%-го зменшення розміру файлу порівняно з H.264/MPEG-4 AVC при збереженні того ж рівня якості відео. Це важливо для прямих ефірів, оскільки дозволяє транслювати відео з високою роздільною здатністю та частотою кадрів без необхідності використання великої пропускної здатності.

AV9 також є ефективним кодеком для прямих ефірів, але він все ще перебуває в розробці. AV1 - це безкоштовний і відкритий кодек, який забезпечує ефективність стиснення, подібну до H.265 HEVC, але він ще не підтримується так широко, як H.265 HEVC.

Загалом, H.265 HEVC - це найкращий вибір для прямих ефірів, які вимагають високої якості зображення та ефективності стиснення.

Найпопулярнішим протоколом для проведення онлайн трансляцій відеоігор у 2023 році був RTMP (Real Time Messaging Protocol). Він використовується для потокової передачі відео та звуку в реальному часі. RTMP підтримується більшістю популярних платформ для онлайн трансляцій, таких як Twitch, YouTube Gaming та Facebook Gaming.

Важливо враховувати, що популярність протоколів може змінюватися з часом, і нові технології можуть вплинути на вибір протоколів для трансляцій відеоігор. Зокрема, може збільшуватися застосування протоколів, таких як WebRTC або HTTP Live Streaming (HLS), особливо у зв'язку з розвитком технологій та змінами в індустрії стрімінгу.

2 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПРОВЕДЕННЯ ОНЛАЙН ТРАНСЛЯЦІЇ

2.1 Аналіз онлайн платформ

Платформи прямого стрімінгу - це сервіси, які дозволяють користувачам передавати відео в режимі реального часу безпосередньо до своєї аудиторії.

В сучасний час проведення онлайн трансляцій не потребує великих зусиль. Практично будь-яка особа з комп'ютером та підключенням до мережі інтернет може це зробити.

Істинна сила потокового відео в прямому ефірі полягає у розмаїтті потужних функцій, які вони пропонують. Платформи для онлайн трансляцій різняться за своїми можливостями та призначеннями.

Ось кілька ключових особливостей, на які слід звернути увагу:

- відеохостингові сервіси;
- інструменти управління;
- захищені рішення для потокової передачі відео;
- мінімальна затримка при потоковій передачі у реальному часі;
- підтримка протоколу RTMP для передачі, відтворення та потокової передачі;
- інструменти для редагування та вбудовування відео;
- хмарне кодування та транскодування для ефективної потокової трансляції;
- програмне забезпечення для кодування в режимі реального часу;
- різноманітні тарифні плани.

2.1.1 YouTube

YouTube - це найбільш популярна платформа для обміну відео у світі, де користувачі можуть завантажувати, переглядати та ділитися відеоконтентом.

Детальні характеристики:

- youtube - це відеохостинг та соціальна мережа, де користувачі можуть завантажувати, переглядати та ділитися відеоконтентом;
- функції. підтримка відео на вимогу (vod) та прямих трансляцій;
- інтуїтивний та зручний для користувачів інтерфейс будь-якого рівня досвіду;
- найбільша платформа для відеообміну у світі з широкою аудиторією.

Переваги YouTube:

- максимальний охоплення аудиторії з усіх куточків світу;
- безкоштовне використання для користувачів;
- інтуїтивний інтерфейс для простоти користування.

Недоліки YouTube:

- суворі правила та обмеження щодо публікації певного типу контенту.
- реклама: значна кількість рекламних матеріалів, які можуть відволікати увагу від контенту.
- youtube має право на частину контенту, завантаженого на їхню платформу.

Характеристики завантаження відео на YouTube:

- мінімальний розмір - 240p (426 x 240), максимальний - 4K (3840 x 2160);
- співвідношення сторін - 16:9;
- максимальний розмір файлу - 128 ГБ;
- максимальна тривалість відео - 12 годин;
- обсяг файлів - не обмежено;
- сумісні відеоформати - MP4, MOV, MPEG4, FLV, AVI, WebM.

2.1.2 Facebook

Facebook - це соціальна мережа, яка об'єднує мільярди користувачів по всьому світу. Це платформа, яка дозволяє спілкуватися, обмінюватися відео, фотографіями та інформацією з друзями, створювати спільноти та групи для обговорень та ділитися контентом.

Детальні характеристики для стрімів на Facebook:

- максимальна тривалість стріму може досягати 8 годин для деяких типів користувачів;
- підтримується якість високої роздільної здатності до 1080p для стрімів;
- різні формати відео підтримуються, включаючи mp4, mov, flv тощо.

Переваги на Facebook:

- завдяки великій аудиторії платформи є великий потенціал досягнення більшої аудиторії;
- інтерактивні можливості, такі як коментарі, лайки, реакції тощо, що залучають глядачів.

Недоліки на Facebook:

- не всі стріми можуть досягати широкої аудиторії через алгоритмічні обмеження показу контенту.
- успіх стріму може бути сильно залежний від аудиторії та їхнього взаємодії.

Характеристики завантаження відео і стрімів на Facebook:

- мінімальний розмір зазвичай починається з 240p (426 x 240) та вище;
- максимальний розмір відео до 4k, в залежності від облікового запису та пристрою;
- тривалість відео та стріму зазвичай обмежена до 240 хвилин або 8 годин для деяких типів користувачів;
- підтримуються різні формати, такі як mp4, mov, flv тощо.

2.1.3 Instagram

Інстаграм - це соціальна мережа, спрямована на спільне викладання візуального контенту, такого як фотографії та відео, де користувачі можуть створювати профілі, обмінюватися власним контентом, спілкуватися та взаємодіяти один з одним через коментарі та повідомлення. Користувачі Інстаграму відносяться до різних вікових категорій, проте основна активність спостерігається в користувачах віком від 18 до 34 років.

Детальні характеристики для відео та стрімів в Інстаграм:

Відео:

- співвідношення сторін рекомендовано 1:1, 4:5, 9:16 або 16:9;
- довжина відео від 3 до 60 секунд;
- формат відео - mp4, mov або gif;
- розширення відео рекомендується використовувати 1080p для кращої якості;
- максимальний розмір файлу до 4 гб;
- субтитри до відео можна додавати до 2200 символів.

Стріми:

- співвідношення сторін рекомендовано 9:16 для вертикального режиму;
- довжина стріму від 1 секунди до 4 годин;
- формат стріму - mp4 або mov.

Переваги відео та стріму в Інстаграм:

Відео:

- здатність донести повідомлення чи ідею через візуальний контент;
- значно більше можливостей для творчості і вираження індивідуальності.

Стріми:

- пряма взаємодія з аудиторією у реальному часі;
- можливість безпосередньо відповідати на запитання та коментарі глядачів.

Недоліки відео та стрімів в Інстаграм:

Відео:

- обмежена тривалість для одного відео;
- залежність успішності відео від активності аудиторії.

Стріми:

- також є обмеження на тривалість прямих трансляцій;
- залежність успішності стріму від активності глядачів.

2.1.4 TikTok

ТікТок - це популярна соціальна мережа, спрямована на створення та обмін короткими відеороликами. Користувачі можуть створювати відео від 15 до 60 секунд, додавати музику, фільтри, спецефекти та використовувати інші творчі інструменти для створення контенту.

Платформа популярна серед користувачів віком від 16 до 24 років, проте також присутня аудиторія в старшому віковому діапазоні, до 40-45 років.

Характеристики завантаження для відео та стрімів в ТікТок:

Відео:

- співвідношення сторін рекомендовано 9:16 для вертикального формату, 1:1 або 16:9;
- довжина віде від 15 секунд до 10 хвилин;
- формат відео - mp4 або mov;
- розширення відео рекомендується використовувати 1080p для кращої якості;
- максимальний розмір файлу до 287,6 мб на ios та до 72 мб на android;
- субтитри до відео: можливість додавати текст до 100 символів.

Стріми:

- співвідношення сторін рекомендовано 9:16 для вертикального формату або 16:9;

- розширення відео рекомендується використовувати 1080p для кращої якості.

Плюси:

- безкоштовне завантаження та використання доступне безкоштовно;
- можливість створення контенту, який швидко стає вірусним завдяки алгоритму платформи;
- автоматично формує сторінку "рекомендації" на основі користувацької активності.

Недоліки:

- обмеження тривалості відео до 10 хвилин;
- обмеження в 1000 підписників для проведення прямих трансляцій.

2.1.5 Twitch

Twitch - це платформа для стрімінгу відео контенту, зокрема, відеоігор, трансляцій різноманітних заходів та онлайн-шоу в реальному часі. Це місце, де користувачі можуть транслювати свою гру, спілкуватися з глядачами через чат, ділитися інформацією або просто спостерігати за трансляціями інших користувачів.

Детальні характеристики:

- платформа надає можливість транслювати відео в реальному часі. користувачі можуть показувати свою гру, транслювати події в реальному часі, або проводити онлайн-шоу;
- можливості для активного спілкування з аудиторією у реальному часі, як через чат, так і через взаємодію між глядачами під час трансляцій;
- основна аудиторія twitch - геймери, тому більшість контенту стосується відеоігор, новин з геймінг-індустрії, дискусій про ігри тощо.

Плюси:

- twitch відомий своєю стабільністю та надійністю, що дозволяє безперебійно транслювати відео та сприяє високій якості стрімів;
- швидкість та зручність чату дозволяють глядачам активно взаємодіяти зі стрімерами, створюючи відчуття спільноти;
- платформа доступна на різних пристроях - від комп'ютерів до смартфонів, що робить її легкою в користуванні та доступною для перегляду в будь-який час.

Мінуси:

- у деяких випадках можуть виникати затримки в потоці, що може вплинути на взаємодію між стрімером та глядачем;
- як і у будь-якій онлайн-платформі, іноді виникають технічні проблеми, такі як перебої з'єднання чи проблеми з відтворенням відео;
- для нових акаунтів можуть бути встановлені обмеження на функції чи доступ до певних можливостей платформи досягненням певного рівня.

Вимоги та параметри завантаження включають:

- мінімальний розмір - 720p (1280 x 720);
- максимальний розмір - 1080p (1920 x 1080);
- співвідношення сторін - 16:9, 4:3;
- максимальна тривалість відео до 48 годин;
- загальний обсяг файлів недоступний;
- підтримувані відеоформати - mp4, mov, avi, flv.

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз стрімінгових платформ

Платформа	Якість	Платність	Формати	Особливості
YouTube	3840 x 2160	Є, необов'яз	MP4, AVI, WebM, MOV	Найпопулярніший відеохостинг
Facebook	1920 x 1080	–	MP4, AVI, MKV	Найпопулярніша соціальна мережа
Instagram	1080 x 864	–	MP4	Проста публікація фото та відео
TikTok	1920 x 1080	–	MP4, MOV	Молоді користувачі, краткі відео
Twitch	1920 x 1080	Є, необов'яз	MP4, AVI, MOV	Спеціалізована платформа для стрімінгу

2.2 Аналіз програмного забезпечення для стріму

У міру розвитку технологій потокового передавання в реальному часі програмне забезпечення для стріму стало все більш популярним. Програмне забезпечення для стріму дозволяє користувачам транслювати відео в Інтернеті в прямому ефірі. Це може бути використано для різних цілей, таких як трансляція відеоігор, веб-конференцій, концертів і інших подій.

Існує багато різних програм для стріму доступних. Деякі з найпопулярніших програм включають OBS Studio, XSplit Broadcaster і Streamlabs OBS, TikTok LIVE Studio. Ці програми пропонують широкий спектр функцій, включаючи можливість додавати кілька джерел відео та звуку, налаштовувати переходи та спецефекти, а також транслювати на різні платформи.

Програмне забезпечення для стріму має ряд важливих характеристик, які слід враховувати при виборі програми. Ці характеристики включають:

- програми для стріму повинні дозволяти користувачам додавати кілька джерел відео та звуку до своїх трансляцій. це може включати веб-камери, мікрофони, комп'ютерні екрани, зовнішні джерела графіки та відео та багато іншого;
- програми для стріму повинні бути здатні декодувати відео в реальному часі, щоб забезпечити плавну потокову передачу;
- транскодування в різні формати: програми для стріму повинні дозволяти користувачам транскодувати свої трансляції в різні формати, щоб вони були доступні на різних платформах;
- налаштування переходів, накладень та спецефектів: програми для стріму повинні дозволяти користувачам налаштовувати переходи, накладки та спецефекти для створення професійних трансляцій;
- програми для стріму повинні дозволяти користувачам перемикатися між різними сюжетами під час трансляції;

- програми для стріму повинні дозволяти користувачам записувати свої трансляції для подальшого перегляду або публікації на інших платформах.

Нижче наведено огляд деяких з найпопулярніших програм для стріму:

2.2.1 OBS Studio

OBS Studio - це безкоштовна і відкрита програма для стріму, яка пропонує широкий спектр функцій. Вона є популярним вибором серед новачків у стрімі, оскільки вона проста у використанні та пропонує все необхідне для початку.

Плюси OBS Studio:

- повний функціонал доступний безкоштовно, що робить його доступним для широкого кола користувачів;
- має багато функцій, включаючи захоплення екрану, додавання шарів зображень, тексту, відео та аудіо, а також можливість стрімінгу на різні платформи;
- існує активна спільнота користувачів obs, а також багато онлайн-ресурсів та документації для підтримки новачків.
- дозволяє ретельно налаштувати параметри стрімінгу та обробки відео під свої потреби;
- obs доступний для windows, macos та linux, що робить його універсальним для різних платформ.

Мінуси OBS Studio:

- для тих, хто тільки починає користуватися, може виникнути складність у засвоєнні багатьох функцій та налаштувань;
- для оптимальної роботи потрібне належне налаштування параметрів, що може бути викликом для менш досвідчених користувачів;

- іноді можуть виникати проблеми зі сумісністю чи стабільністю роботи на деяких системах;
- obs studio - потужний інструмент для стрімінгу та створення відеоконтенту, проте вимагає ретельного вивчення та налаштування для досягнення оптимальних результатів.

2.2.2 Streamlabs OBS

Streamlabs OBS - це безкоштовна програма для стриму, яка базується на OBS Studio. Вона пропонує додаткові функції, такі як можливість інтеграції з платформами для стриму, такими як Twitch і YouTube, а також підтримку додатків і плагінів від Streamlabs.

Плюси Streamlabs OBS:

- має інтуїтивний та легкий у використанні інтерфейс, який швидко дозволяє налаштувати стрім;
- має інтеграцію з twitch та youtube, надає широкі можливості для стрімінгу на різних платформах із розширеними налаштуваннями та інтегрованими функціями;
- велика кількість плагінів та інтегрованих додатків які дозволяють розширити функціональність програми;
- легкий доступ до функцій streamlabs, інтегрована підтримка streamlabs, яка надає доступ до додаткових інструментів для взаємодії з аудиторією, таких як алерти, пожертвування, веб-сайти для підписок тощо;
- стабільно оновлюється та підтримується, що дозволяє користувачам отримувати нові функції та виправлення помилок.

Мінуси Streamlabs OBS:

- може вимагати потужний комп'ютер для оптимальної роботи, особливо при одночасному використанні багатьох функцій;

- можливі проблеми з використанням пам'яті - деякі користувачі зазначають можливі проблеми з використанням оперативної пам'яті під час стрімінгу на streamlabs obs;
- порівняно з іншими програмами, може використовувати більше системних ресурсів.

Streamlabs OBS є потужним інструментом для стрімінгу та взаємодії з аудиторією, проте варто враховувати його вимоги до системи та можливі проблеми, що можуть виникнути при роботі.

2.2.3 XSplit Broadcaster

XSplit Broadcaster - це програмне забезпечення для стрімінгу та створення відеоконтенту, яке дозволяє користувачам транслювати відео, вести вебінари, ведення стрімів і багато іншого. Ось огляд плюсів та мінусів використання XSplit Broadcaster:

Плюси XSplit Broadcaster:

- має інтуїтивний інтерфейс, який дозволяє швидко освоювати основні функції та налаштування;
- надає широкий спектр можливостей для налаштування, включаючи захоплення екрану, додавання шарів, тексту, графіки та ефектів;
- широкі можливості стрімінгу - підтримує різні платформи для стрімінгу, включаючи twitch, youtube, facebook live та інші;
- має велику кількість плагінів та додатків для розширення функціоналу програми;
- забезпечує можливість співпраці з іншими програмами і платформами для ведення стрімів та спільної роботи.

Мінуси XSplit Broadcaster:

- хоча xsplit має безкоштовну версію, деякі продвинуті функції доступні лише у платних планах;

- для оптимальної роботи програми може знадобитися потужне обладнання, що може бути витратним;
- у безкоштовній версії обмежений функціонал порівняно з платними планами.

Хоча XSplit Broadcaster має деякі обмеження та платні опції, це все ще потужний інструмент для стрімінгу та створення відеоконтенту з досить зручним інтерфейсом для користувачів.

2.2.4 vMix

vMix - це програмне забезпечення для виробництва відео, яке дозволяє створювати та транслювати відеоконтент у реальному часі. Воно використовується для створення професійних відеопрограм, стрімів, трансляцій ігор, подій, вебінарів та іншого контенту. Ось кілька плюсів і мінусів використання програми vMix:

Плюси vMix:

- великий вибір функцій, включаючи захоплення екрану, потокову обробку відео та аудіо, додавання тексту, графіки та ефектів.
- можливість налаштувати різноманітні параметри стрімінгу та відеообробки для власних потреб;
- підтримка різних платформ для трансляцій, включаючи twitch, youtube, facebook live та інші;
- наявність різноманітних плагінів та додатків, які доповнюють функціонал програми;
- підтримка великої кількості камер та джерел відео: можливість підключати багато камер та інших джерел відео для складання великого обсягу контенту.

Мінуси vMix:

- у порівнянні з іншими програмами для стрімінгу, vMix може бути вищою за вартістю;
- для користувачів, які тільки починають вивчати програму, може виникнути складність у засвоєнні багатьох функцій та налаштувань;
- для оптимальної роботи програми потрібне потужне обладнання, що може бути витратним.

Незважаючи на деякі недоліки, vMix є потужним інструментом для створення професійного відеоконтенту та трансляцій у реальному часі.

2.2.5 TikTok LIVE Studio

TikTok LIVE Studio - це офіційна програма для трансляцій у прямому ефірі на платформі TikTok. Вона пропонує широкий спектр функцій, які можуть допомогти вам створювати професійні трансляції, включаючи:

- дозволяє додавати до трансляцій кілька камер і мікрофонів, що дає вам більше можливостей для творчості;
- дозволяє налаштувати переходи, накладки та спецефекти для створення професійних трансляцій;
- дозволяє створювати кілька сцен і перемикатися між ними під час трансляції;
- дозволяє записувати трансляції для подальшого перегляду або публікації на інших платформах.

Плюси TikTok LIVE Studio:

- має простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить її легкою для освоєння, навіть для новачків у стрімі;
- розроблена спеціально для TikTok, тому вона ідеально підходить для створення трансляцій на цій платформі;
- є безкоштовною програмою, що робить її доступною для всіх користувачів TikTok.

Мінуси TikTok LIVE Studio:

- пропонує менший спектр функцій, ніж деякі інші програми для стриму, такі як OBS Studio або Streamlabs OBS;
- дозволяє трансляцію лише на TikTok;
- залежить від платформи TikTok, тому вона може бути недоступною, якщо TikTok заблокує вашу обліковку.

TikTok LIVE Studio - це потужна програма, яка може бути використана для створення професійних трансляцій. Однак вона також може бути складною для використання. Якщо ви новачок у стримі, ви можете почати з більш простих програм, таких як OBS Studio або Streamlabs OBS. Коли ви освоїте основи, ви можете перейти до TikTok LIVE Studio, щоб отримати доступ до її більш просунутих функцій.

2.3 Обґрунтування програм для проведення прямих ефірів.

Vmix, XSplit Broadcaster, Streamlabs OBS, OBS Studio, TikTok LIVE Studio - це всі популярні програми для трансляцій у прямому ефірі, які пропонують широкий спектр функцій для створення професійних трансляцій. Однак між ними є деякі ключові відмінності, які слід враховувати при виборі програми, яка відповідає вашим потребам.

Вартість:

- Vmix платна програма, починаючи з 199 доларів США на місяць, має безплатну підписку але менший функціонал що не дає розкрити її повний функціонал;
- XSplit Broadcaster платна програма, починаючи з 14,95 доларів США на місяць, безплатну підписку але менший функціонал що не дає розкрити її повний функціонал;
- Streamlabs OBS безкоштовна програма;
- OBS Studio безкоштовна програма;

- TikTok LIVE Studio безкоштовна програма.

Системні вимоги:

- Vmix вимагає потужного комп'ютера з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесорною потужністю для обробки відео в реальному часі;
- XSplit Broadcaster вимагає середнього комп'ютера з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесорною потужністю для обробки відео в реальному часі;
- Streamlabs OBS вимагає середнього комп'ютера з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесорною потужністю для обробки відео в реальному часі;
- OBS Studio вимагає середнього комп'ютера з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесорною потужністю для обробки відео в реальному часі;
- TikTok LIVE Studio вимагає сучасного смартфона або планшета з достатньою кількістю оперативної пам'яті та процесорною потужністю для обробки відео в реальному часі.

Функціональність:

- Vmix пропонує широкий спектр функцій, включаючи підтримку кількох камер і мікрофонів, налаштування переходів, накладень і спецефектів, підтримку кількох сцен, можливість запису трансляцій і багато іншого;
- XSplit Broadcaster пропонує широкий спектр функцій, включаючи підтримку кількох камер і мікрофонів, налаштування переходів, накладень і спецефектів, підтримку кількох сцен, можливість запису трансляцій і багато іншого;
- Streamlabs OBS пропонує широкий спектр функцій, включаючи підтримку кількох камер і мікрофонів, налаштування переходів, накладень і спецефектів, підтримку кількох сцен, можливість запису трансляцій і багато іншого;

- OBS Studio пропонує широкий спектр функцій, включаючи підтримку кількох камер і мікрофонів, налаштування переходів, накладень і спецефектів, підтримку кількох сцен, можливість запису трансляцій і багато іншого;
- TikTok LIVE Studio пропонує обмежений спектр функцій, включаючи підтримку однієї камери, налаштування переходів і накладень, можливість запису трансляцій.

Зручність використання:

- Vmix має складний інтерфейс, який може бути складним для освоєння, особливо для новачків;
- XSplit Broadcaster має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить його відносно простим у використанні;
- Streamlabs OBS має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить його відносно простим у використанні;
- OBS Studio має простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить його дуже простим у використанні;
- TikTok LIVE Studio має простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить його дуже простим у використанні.

Підтримка платформ:

- Vmix підтримує трансляцію на різні платформи, включаючи Twitch, YouTube, Facebook і багато інших;
- XSplit Broadcaster: підтримує трансляцію на різні платформи, включаючи Twitch, YouTube, Facebook і багато інших;
- Streamlabs OBS підтримує трансляцію на різні платформи, включаючи Twitch, YouTube, Facebook і багато інших;
- OBS Studio: підтримує трансляцію на різні платформи, включаючи Twitch, YouTube, Facebook і багато інших;
- TikTok LIVE Studio підтримує трансляцію лише на TikTok.

Підсумок:

- Vmix і XSplit Broadcaster - це потужні програми для стриму, які пропонують широкий спектр функцій і можливостей. Вони є хорошим вибором для професійних користувачів, які вимагають високої якості трансляцій і можливості налаштувати їх відповідно до своїх потреб. Однак вони є платними програмами і можуть бути вимогливими до ресурсів;
- Streamlabs OBS і OBS Studio - це безкоштовні програми для стриму, які пропонують широкий спектр функцій і можливостей. Вони є хорошим вибором для новачків і досвідчених користувачів, які хочуть створити професійні трансляції без необхідності платити гроші. Однак вони можуть бути вимогливими до ресурсів, особливо якщо ви використовуєте високу роздільну здатність або частоту кадрів;
- TikTok LIVE Studio - це офіційна програма для трансляцій у прямому ефірі на платформі TikTok. Вона пропонує простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який робить її легкою для освоєння, навіть для новачків у стримі. Однак вона має обмежену функціональність і дозволяє трансляцію лише на TikTok.

2.4 Висновки до розділу

У даному розділу був проведений аналіз програмних засобів проведення онлайн трансляції. Були розглянуті онлайн платформи для проведення прямих ефірів по відео іграм, з яких Twitch може бути відмінним початком для входження у геймінг-стрімінг, завдяки своїй активній геймерській аудиторії. Хоча обидві платформи Twitch та YouTube - можуть бути відмінними виборами для професіоналів, які хочуть побудувати стабільну аудиторію та отримати можливість монетизації. Вибір може залежати від особистих вподобань та стратегії контенту.

Провели аналіз програмного забезпечення для стріму де вияснили що Streamlabs OBS є чудовим вибором для початку, оскільки він надає простий спосіб розпочати стрімінг і одночасно включає в себе різні корисні інструменти. OBS Studio може підійти більше для професіонального використання та надати більше гнучкості і налаштувань для тих, хто має досвід і хоче глибше вивчити та контролювати трансляційний процес.

Обґрунтовуючи програми для проведення прямих ефірів загальною тенденцією є те, що Vmix і XSplit Broadcaster підходять для високопрофесійного стрімінгу, а Streamlabs OBS і OBS Studio є безкоштовними альтернативами, які можуть задовольнити потреби як новачків, так і досвідчених користувачів. TikTok LIVE Studio визначається своєю спеціалізацією на платформі TikTok та простотою використання, але має обмежений функціонал. Вибір програми залежить від потреб користувача та рівня його досвіду у стрімінгу.

3 ПРОВЕДЕННЯ ОНЛАЙН ТРАНСЛЯЦІЙ ВІДЕОІГОР

Стрім - це технологія потокової передачі даних, яка використовується для передачі відео, аудіо та інших медіа в реальному часі через Інтернет.

Стрім відеоігор дозволяє гравцям та глядачам спостерігати за геймплеєм у режимі реального часу, а також взаємодіяти через чат або коментарі під час трансляції. Популярні стрімери можуть мати велику аудиторію, і це стало важливою складовою культури відеоігор та розважальної індустрії в цілому.

Використання технології стрімінгу може розширити можливості освітнього процесу, забезпечуючи доступ до навчального контенту у реальному часі, навіть на віддаленій або глобальній платформі.

Для проведення онлайн трансляцій відеоігрового контенту розглянемо структурні схеми проведення таких трансляцій.

3.1 Розробка структурних схем проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту

Під час онлайн трансляцій відео ігрового контенту застосовуються різноманітні організаційні схеми для проведення трансляцій. Давайте розглянемо та проведемо аналіз цих структурних схем.

Розглянемо структурну схему організації та проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту. (рис. 3.1).

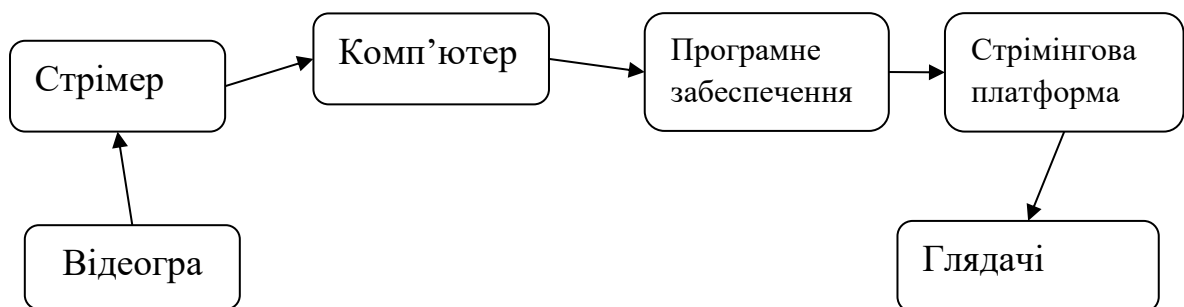


Рисунок 3.1 – Структурна схема проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту з використанням програмного забезпечення

Стрімер демонструє геймплей гри та показує процес гри, в той час студенти глядачі дії на своїх комп'ютерах, планшетах, ноутбуках, телефонах та інші.

Структурна схема проведення прямого ефіру та показ ігрового процесу гри, приведена на рисунку 3.2

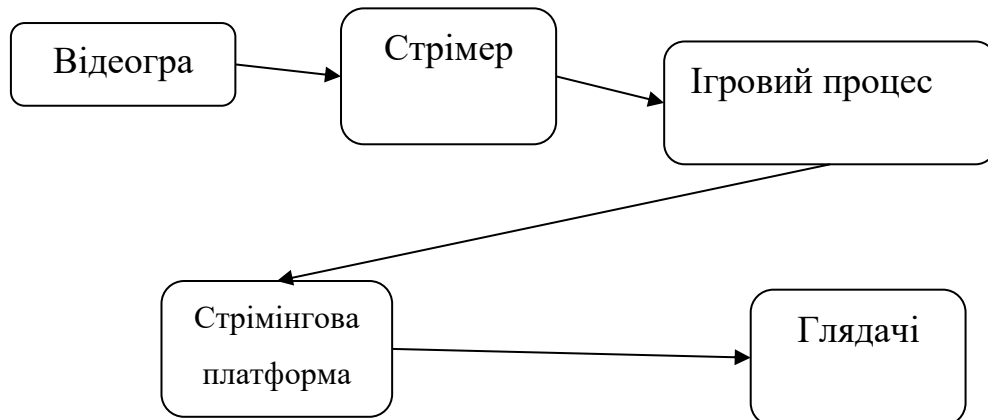


Рисунок 3.2 – Структурна схема проведення прямого ефіру та показ ігрового процесу

При перегляді ігрового процесу глядачі спостерігають за грою, в той час як стрімер пояснює глядачам що вони бачать, та аналізує ті чи інші дії у грі.

Таким чином можна узагальнити проведення прямих ефірів з використанням різних сучасних технологій (рис. 3.3). Тобто технологій, які будуть впливати на візуальні, слухові, емоційні відчуття глядачів, технології, які будуть будити увагу та спонукати до прийняття участі у прямому ефірі: написання коментарів, брати участі в ігровому процесі та т.і.

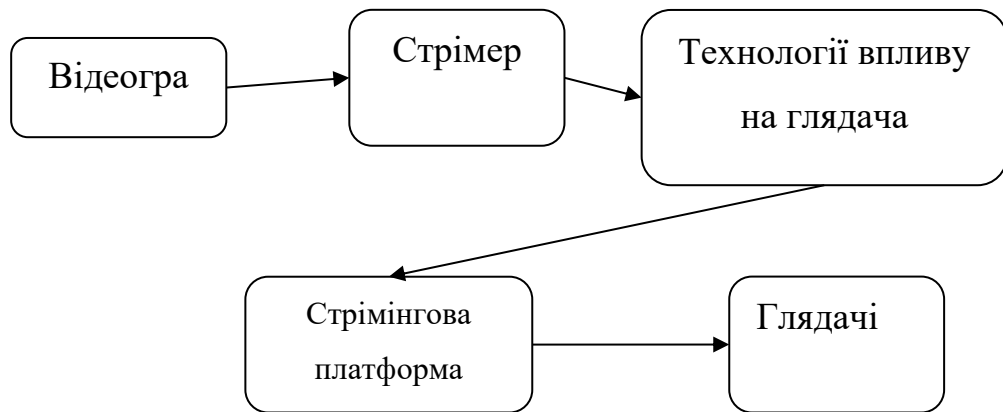


Рисунок 3.3 – Узагальнена структурна схема проведення прямих ефірів з використанням різних технологій

Данні підходи можуть та повинні використовуватись при проведенні прямих ефірів з відеоігор, які допоможуть стрімеру для збільшення активу та зацікавленості глядача.

Для подальшого аналізу та розробки технічних засобів при проведенні прямих ефірів з відео ігор розглянемо проведення їх у різних форматах

3.1.1 Аналіз проведення прямого ефіру з відеоігор з використанням демонстрації екрану

Проведення прямого ефіру з відеоігор з використанням демонстрації екрану є складним процесом при якому забезпечення високої якості відео та аудіо, стабільного інтернет-з'єднання для гравців і глядачів, чіткого графіку подій та вибір ефективного ведучого є важливими факторами успіху.

Даний підхід надає глядачам можливість відкривати нові ігри, оцінювати геймплей, взаємодіяти у спільноті через чат, отримувати поради та стратегії, піднімати настрій, створювати спільноту фанатів гри, взаємодіяти з гравцем чи ведучим, розвивати ігрову культуру та створювати інтерактивний досвід для глядачів структурна схема приведена на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Структурна схема прямого ефіру з демонстрацією екрану

При такому підході стрімер при проведенні прямого ефіру з відеоігор має можливість демонструвати глядачам завчасно підготовлену та запущену гру, але не демонструє заздалегідь підготовлені відео матеріали.

3.1.2 Аналіз проведення прямого ефіру з відеоігор з обладнанням та відеоматеріалами

Проведення прямого ефіру з відеоігор - це захоплюючий та технічно вимогливий процес. Для успішного та ефективного стрімінгу геймплею потрібно належне обладнання та грамотне використання відеоматеріалів.

Для цього стрімер повинен мати потужний комп'ютер з високоякісною відеокартою та процесором, а також веб-камеру та мікрофон для взаємодії з аудиторією.

Важливим елементом є зелений екран (Chroma Key), який дозволяє стрімерові використовувати різноманітні візуальні ефекти. Головним вмістом стріму є відео геймплею, яке повинно бути високоякісним та цікавим для глядачів.

Додатково, відеоматеріали повинні включати вступні та заключні кадри, а також освітні моменти, які допомагають пояснити гравцеві та глядачам ключові аспекти гри. Структурна схема зображена на рисунку 3.5.

Для проведення прямого ефіру за відеоігор, розроблена структурна схема яка поєднує технічне обладнання та взаємозв'язків (рис. 3.5).

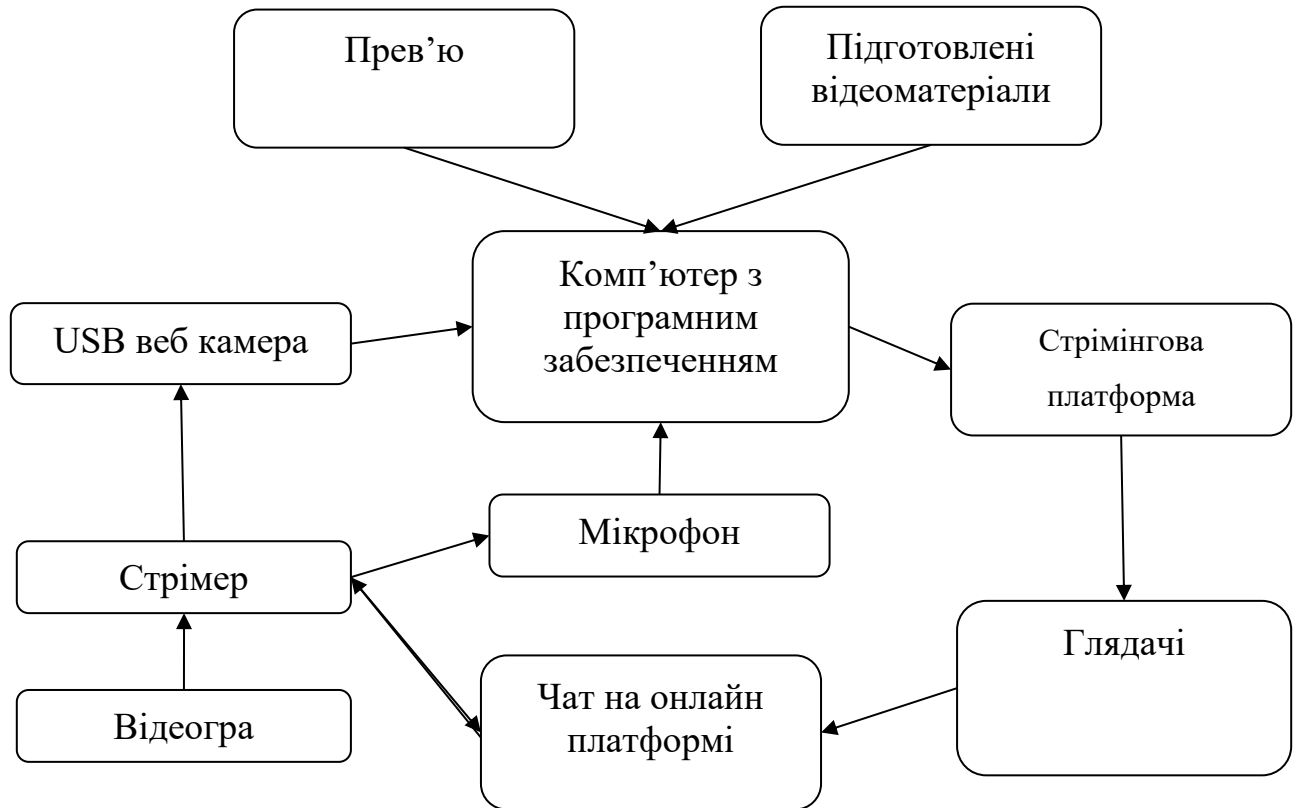


Рисунок 3.5 – Структурна схема проведення прямого ефіру за відеоігор з використанням технічного обладнання

Згідно структурної схеми:

1. Стрімер за комп'ютером на початку та на кінці прямого ефіру використовує прев'ю.
2. Підготовлені відеоматеріалу додають додаткові візуальні ефекти під час прямого ефіру.
3. USB веб-камера використовується для того щоб глядачі мали можливість побачити ведучого прямого ефіру.
4. Мікрофон необхідний на всьому прямого ефіру для комунікації з глядачем.

5. Комп'ютер з налаштованим програмним забезпеченням що дає можливість транслювати відеогру в чіткою плавною картинкою та інших можливостей.
6. Стрімінгова платформа дає можливість дивитися стрім у реальному часі, та переглянути його після закінчення, якщо така функція підтримується платформою.
7. Глядачі в онлайн режимі дивляться відео гру та мають можливість комунікувати з ведучим прямого ефіру.
8. Чат на стрімінговій платформі надає можливість комунікації з ведучим прямого ефіру та глядачем.

При даному підході ми повною мірою демонструємо відео та аудіо інформацію для глядача, також автоматично зберігаємо запис прямого ефіру з гри на стрімінговій платформі, що дає можливість глядачам переглянути фрагменти гри. Використовуючи підготовлені відео матеріали ми покращуємо якість прямого ефіру та підвищуємо інтерактив з глядачем. Використовуючи прев'ю ми здобуємо впізнаваності та покращуємо початок та кінець прямого ефіру. Також використовуючи веб камеру ми надаємо можливість глядачеві не тільки спостерігати за ведучим прямого ефіру, але й бачити реакції в момент того чи іншого моменту гри, що позитивно впливає на глядача та надає додаткові емоції та зацікавленість. Також використання мікрофону надає бачення що прямий ефір проходить у реальному часі, водночас комунікувати в чаті з ведучим, що надає додаткову зацікавленість зі сторони глядача. Реакції на сам прямий ефір відображаються безпосередньо в чаті самого ефіру, де глядачі можуть як спілкуються ведучим, так и між собою збираючи навколо себе однодумців.

3.2 Налаштування програмного забезпечення для проведення онлайн трансляцій

Налаштування програмного забезпечення для проведення живих трансляцій, проведемо на прикладі OBS Studio.

OBS Studio, або Open Broadcaster Software Studio, є безкоштовним програмним забезпеченням для зйомки, стрімінгу та запису відео. Вона використовується для створення високоякісних відеоконтентів, включаючи стріми, відеоподкасти, відеоблоги та інші онлайн-види контенту.

Ця програма дозволяє користувачам захоплювати різні джерела відео, такі як відеокамери, екрани, вікна програм та графіку, а також забезпечує можливість обробки та монтажу в реальному часі. Зокрема, OBS Studio надає ряд корисних функцій:

- дозволяє вибирати вхідні джерела для стрімінгу або запису, включаючи екрани, відеокамери, вміст вікон програм та ігрові відеосигнали;
- комутація між сценами дозволяє створювати та перемикати між різними сценами відео для створення різноманітності у вмісті;
- запис і стрімінг надають можливість запису відео локально на комп'ютер або живе транслявання на різні онлайн-платформи, такі як youtube, twitch, facebook тощо;
- має набір фільтрів для обробки звуку та зображення в реальному часі, щоб поліпшити якість вмісту;
- можливість додавати текст, графіку та зображення для створення унікального відеоконтенту;
- дозволяє розширювати функціональність за допомогою сторонніх додатків та плагінів.

OBS Studio — це потужний інструмент для тих, хто створює відеоконтент для онлайн-платформ, стрімів, вебінарів та інших форм спілкування через відео.

Давайте налаштуємо вхідні дані у OBS Studio. Вони представляють собою різноманітні джерела, які можна імпортувати до OBS Studio. Наприклад, камера (відеокамера), відео чи захоплення гри. Ми також матимемо доступ до дій миші [35]:

- запустіть програму OBS Studio на вашому комп'ютері;
- на панелі "Джерела" натисніть кнопку "+" для додавання нового джерела;
- у вікні додавання джерела оберіть "Віджет браузера" та натисніть "ОК";
- у полі "Назва" введіть назву джерела браузера.

Як зображено на рисунку 3.6.

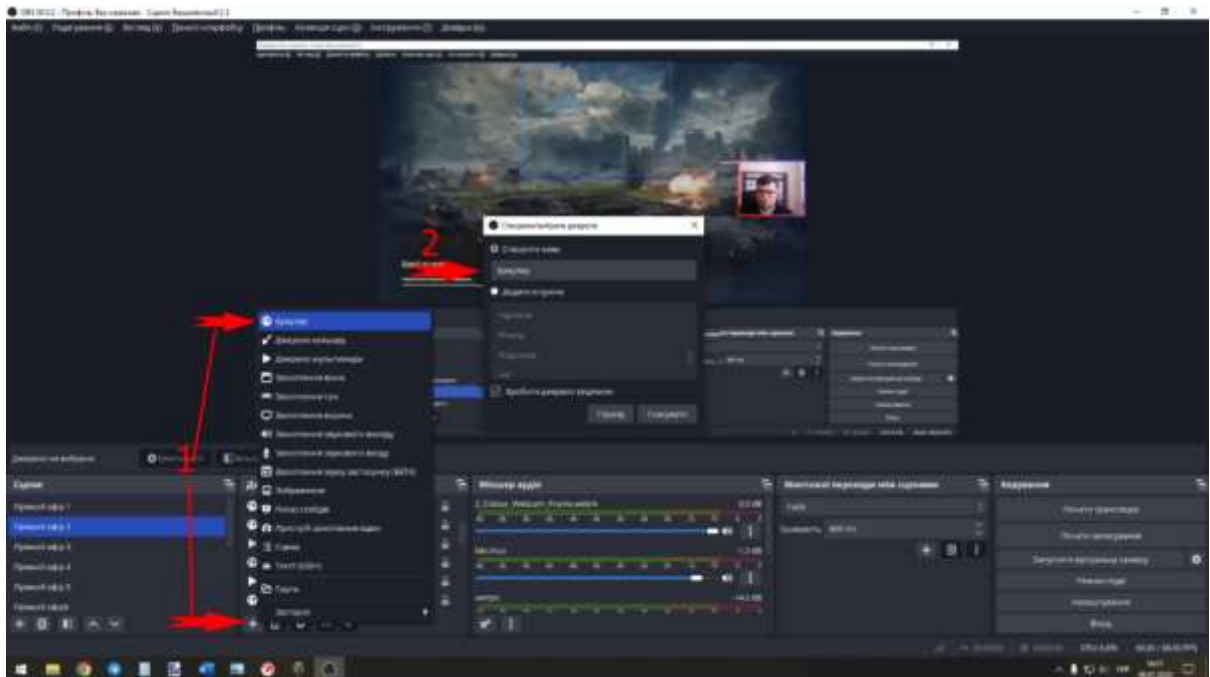


Рисунок 3.6 – Додавання джерела в OBS Studio

- у полі "URL" вставте посилання на потрібний веб-контент або відео; налаштування джерела на рисунку 3.7;
- налаштуйте параметри відображення, такі як розмір вікна, область відображення, прозорість тощо;
- переконайтеся, що введений URL правильно відображається у доданому джерелі;

- клацніть "ОК", щоб завершити процес додавання джерела браузера;
- перетягніть додане джерело браузера на сцену в обраному вами місці;

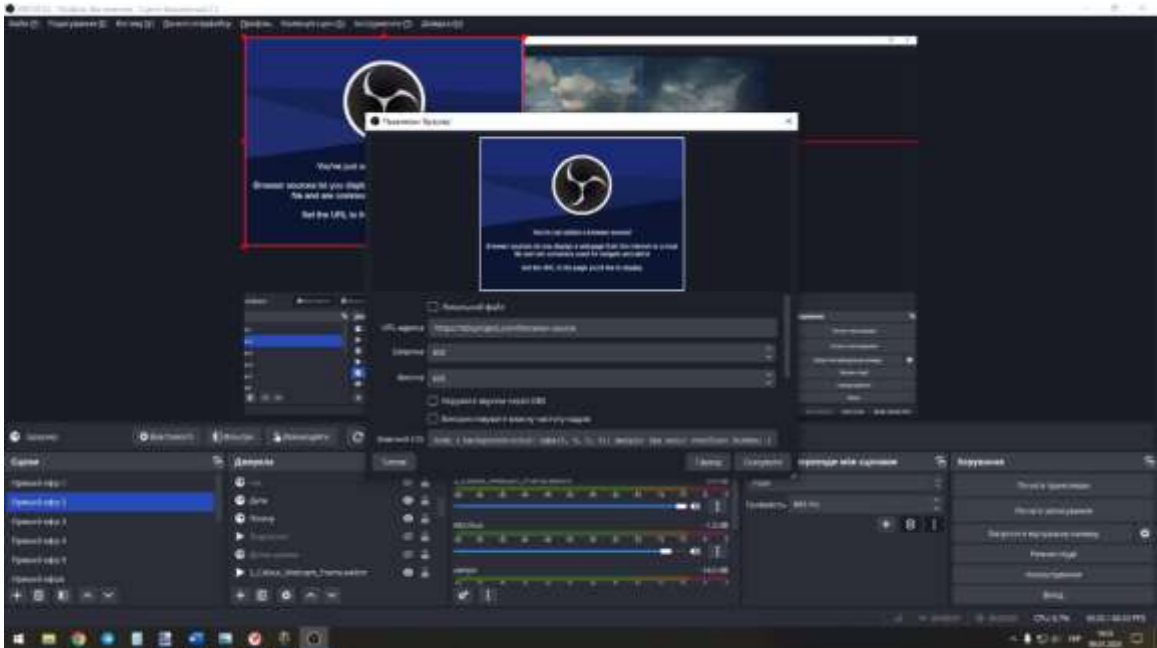


Рисунок 3.7 - Додавання джерела браузера OBS Studio

Додавання джерела кольору:

- клацніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела", виберіть "Додати" (Add), а потім "Колір" (Color Source). Налаштування джерела на рисунку 3.8;
- після створення джерела кольору, відкриється вікно налаштувань. Ви зможете вибрати колір, який вам потрібен, використовуючи палітру, яка з'явиться. Тут також можна налаштувати розмір та інші параметри кольорового джерела;
- після того, як налаштуєте параметри кольору, клацніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Потім перетягніть створене джерело кольору на вашу сцену.

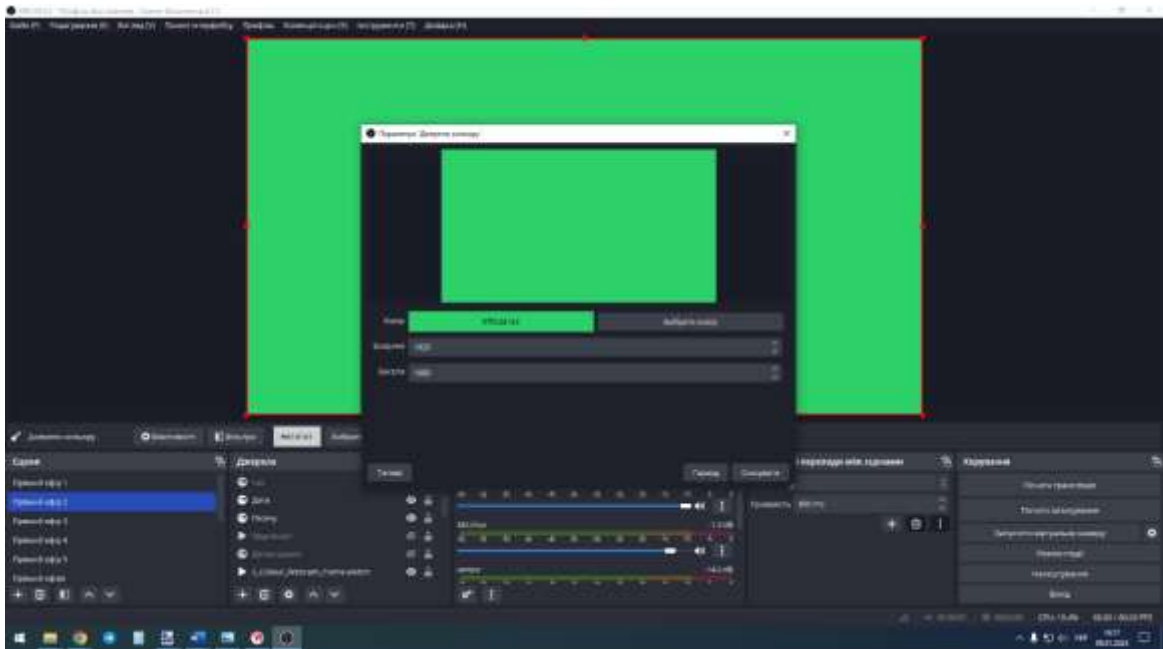


Рисунок 3.8 - Додавання джерела кольору OBS Studio

Додавання джерела мультимедіа:

- клацніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела". Оберіть "Мультимедіа" або "Відео";
- після цього відкриється вікно конфігурації джерела. Тут можна вказати шлях до вашого відеофайлу або мультимедійного потоку, який ви бажаєте використовувати. Налаштування джерела мультимедіа на рисунку 3.9;
- після додавання джерела мультимедіа ви зможете налаштувати його параметри відтворення, такі як гучність, розмір, швидкість відтворення та інші;
- після установлення параметрів натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Потім перетягніть створене джерело мультимедіа на вашу сцену;
- переконайтеся, що відео або мультимедійний потік відтворюється на вашій сцені правильно.

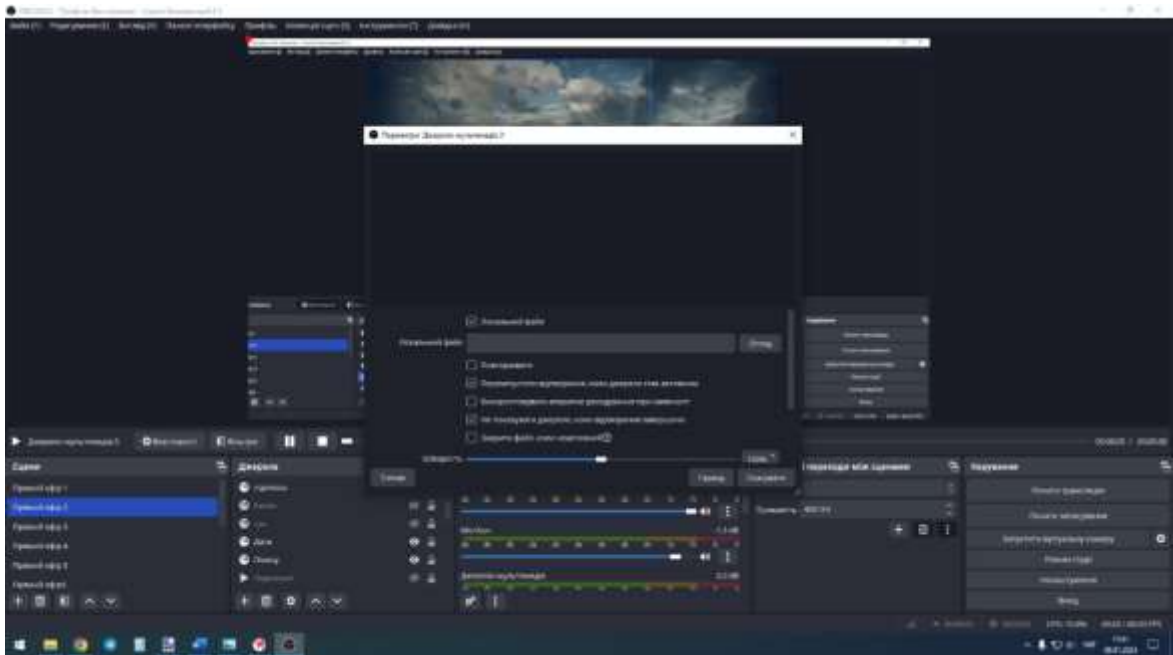


Рисунок 3.9 - Додавання джерела мультимедіа OBS Studio

Додавання джерела захоплення вікна:

- клацніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела", оберіть "Захоплення вікна" (Window Capture) або "Захоплення програми" (Window Capture) зі списку. Налаштування джерела Захоплення вікна на рисунку 3.10;
- оберіть вікно або програму, яку ви хочете захопити, зі списку доступних вікон у випадаючому меню. Встановіть параметри за необхідності;
- після вибору вікна, можливо, буде доступний ряд параметрів налаштувань, таких як розмір захоплення, пропорції сторін, область захоплення і т.д. Налаштуйте їх відповідно до ваших потреб;
- натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Перетягніть створене джерело захоплення вікна на вашу сцену;
- переконайтеся, що вікно або програма, яке ви обрали, захоплюється коректно і відображається на вашій сцені;

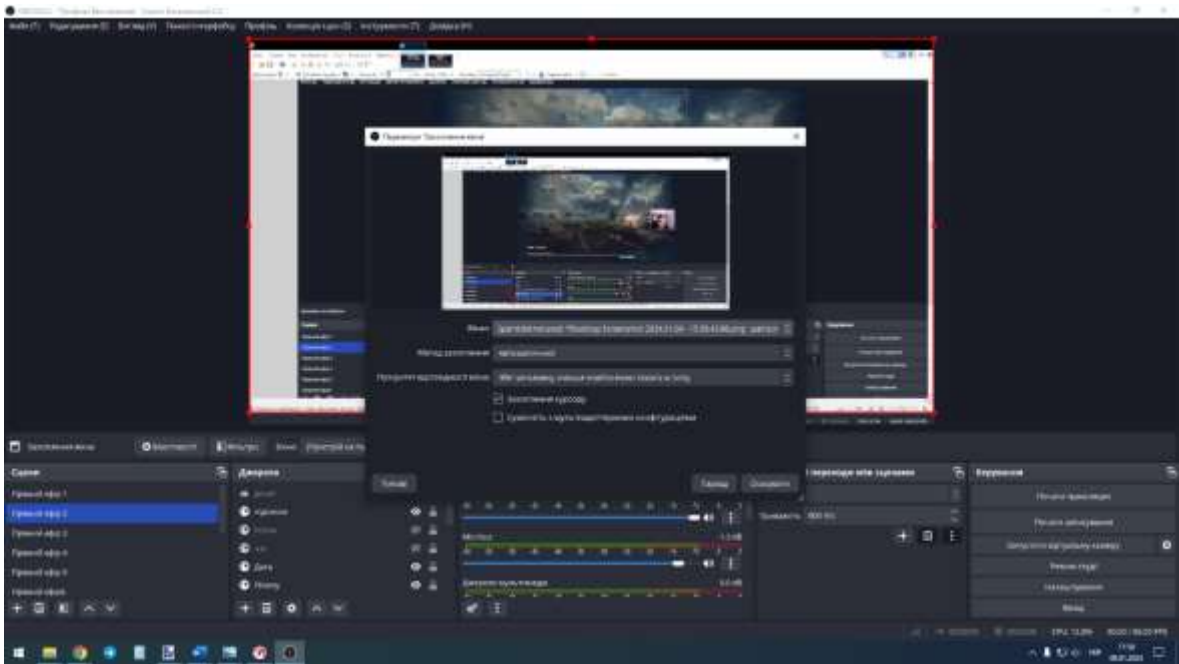


Рисунок 3.10 - Додавання джерела захоплення вікна OBS Studio

Додавання джерела захоплення ігри:

- на панелі "Джерела" клацніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела". Оберіть "Захоплення ігри (Game Capture)". Налаштування джерела Захоплення ігри на рисунку 3.11;
- оберіть "Захоплення ігри" "Game Capture" зі списку джерел та оберіть вікно гри, яке ви хочете захопити;
- виберіть потрібну гру зі списку відкритих вікон. Зазвичай, OBS автоматично визначає вікно активної гри. Якщо немає автоматичного розпізнання, можна вибрати гру вручну;
- натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Перетягніть створене джерело захоплення гри на вашу сцену;
- переконайтеся, що вікно гри, яке ви обрали, захоплюється коректно і відображається на вашій сцені.

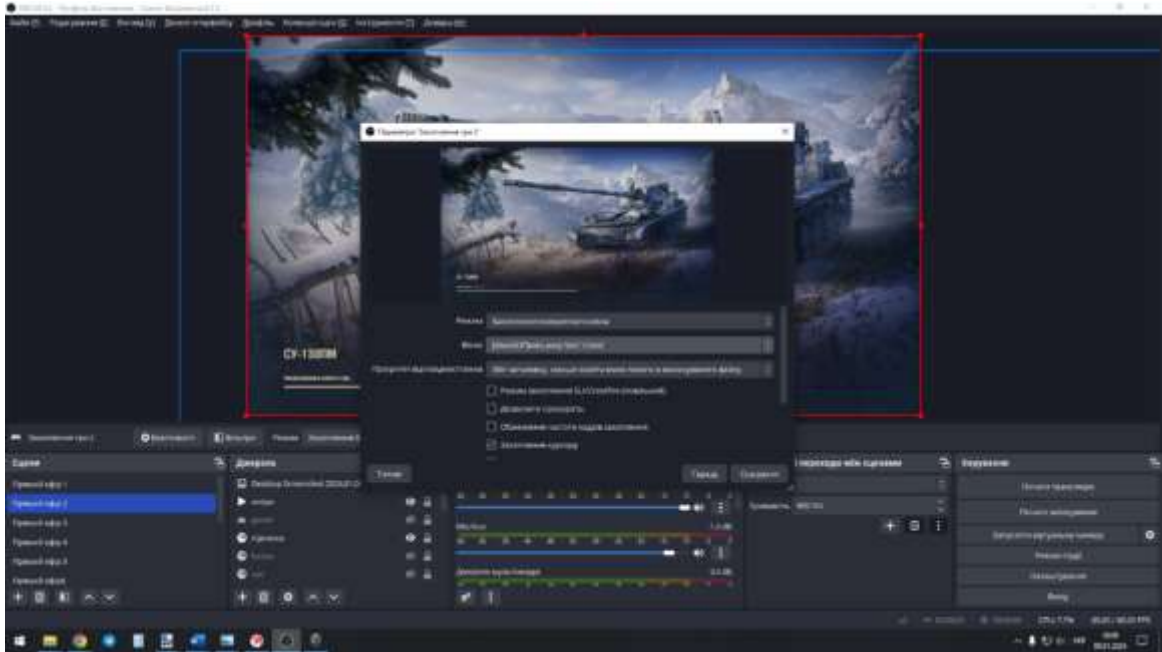


Рисунок 3.11 - Додавання джерела захоплення ігри OBS Studio

Додавання джерела захоплення екрана:

- на панелі "Джерела" клацніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела". Оберіть "Захоплення екрана" (Display Capture) зі списку. Налаштування джерела Захоплення екрану на рисунку 3.12;
- після вибору "Display Capture" відкриється вікно налаштувань. Виберіть дисплей, який ви хочете захопити. Якщо у вас кілька моніторів, оберіть той, який вам потрібен;
- натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Додайте створене джерело захоплення екрана на вашу сцену, перетягнувши його на необхідне місце на сцені;
- перевірте захоплення, переконайтеся, що воно показує правильний екран. При потребі ви можете змінити розмір або положення захопленого вікна;

- якщо плануєте захопити аудіо з екрану, переконайтеся, що відповідні налаштування аудіо також налаштовані правильно.

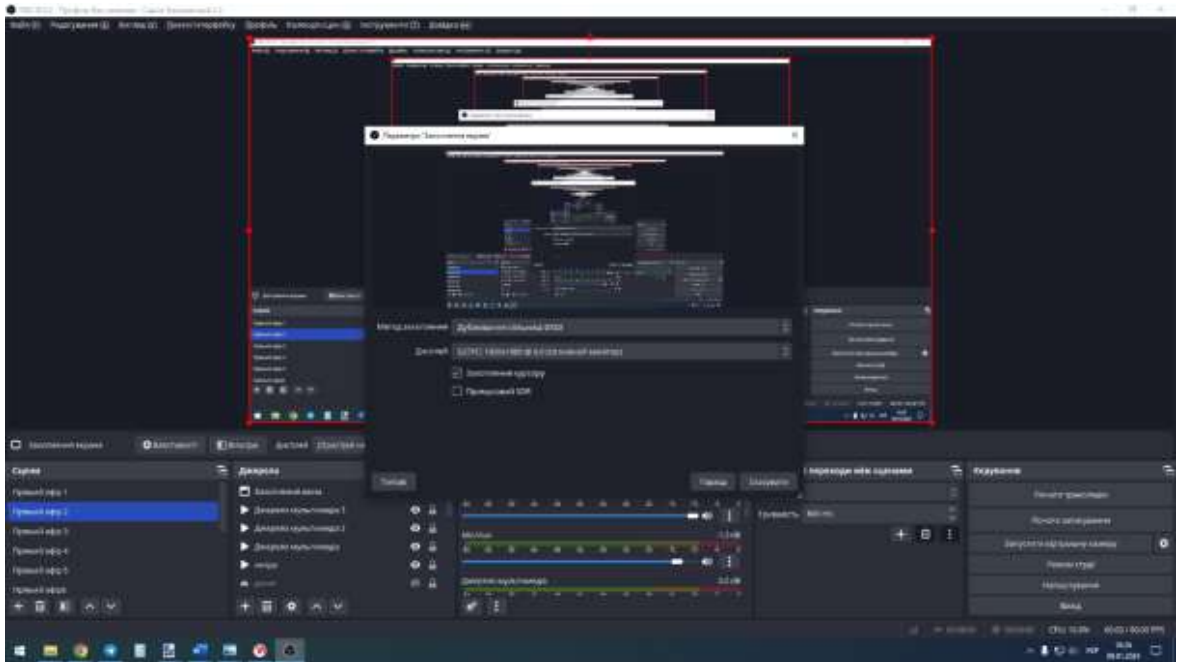


Рисунок 3.12 Додавання джерела захоплення екрану OBS Studio

Додавання джерела захоплення звукового виходу:

- натисніть на кнопку "+" внизу вкладки "Джерела" для додавання нового джерела захоплення аудіо. Налаштування джерела захоплення звукового виходу на рисунку 3.13;
- виберіть "Захоплення звукового виходу" (Audio Output Capture): Виберіть опцію "Аудіозахоплення від пристрою" зі списку доступних джерел. Налаштування джерела захоплення звукового виходу на рисунку 3.13;
- у вікні налаштувань оберіть вихідний аудіопристрій, з якого ви хочете захопити звук (наприклад, назва вашого вихідного пристрою або навушників);
- Налаштуйте параметри захоплення звуку: Встановіть необхідні налаштування, такі як рівень гучності та інші параметри, які потрібно налаштувати для вашого вихідного аудіопристрою;

- підтвердіть та застосуйте налаштування: Натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб підтвердити ваші налаштування. Після цього додайте створене джерело захоплення аудіо на сцену, перетягнувши його на необхідне місце на сцені;
- виконайте тестовий запис або програвання звуку, щоб переконатися, що аудіо правильно захоплюється. Переконайтеся, що аудіо відображається у програмі OBS.

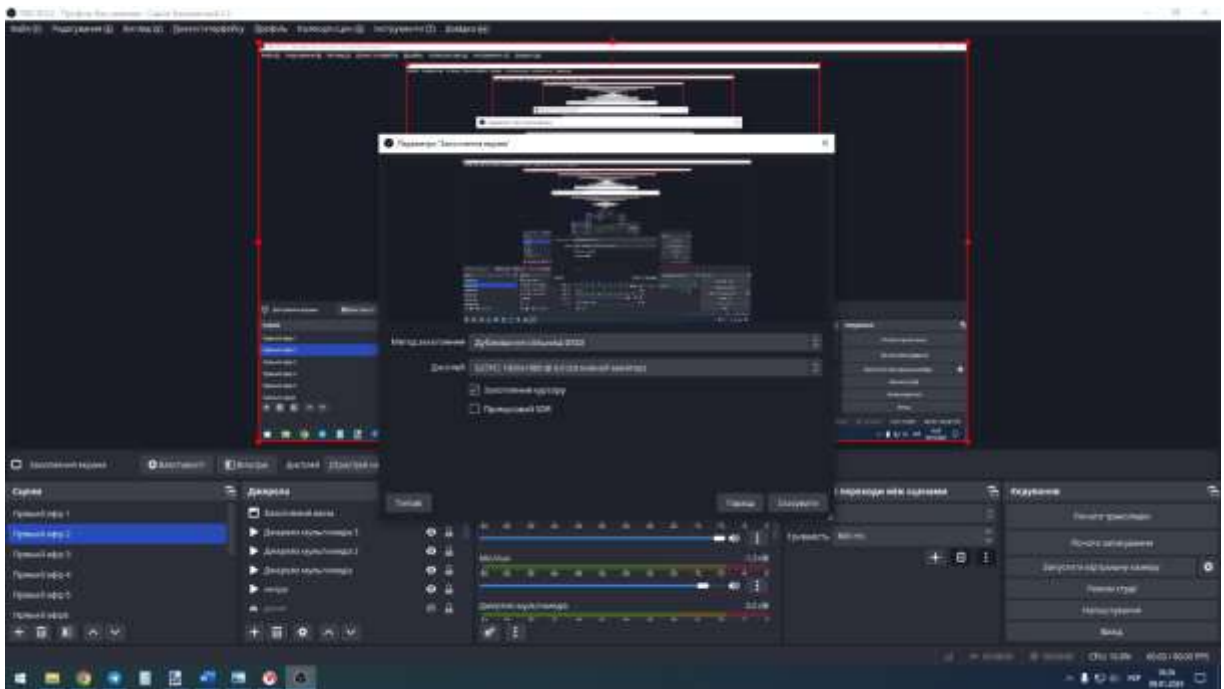


Рисунок 3.13 Додавання джерела захоплення звукового виходу OBS Studio

Додавання джерела захоплення звукового входу:

- натисніть на кнопку "+" у нижній лівій частині вікна "Джерела", щоб додати нове джерело захоплення звуку. Налаштування джерела захоплення звукового входу на рисунку 3.14;
- з'явиться список доступних джерел. Оберіть "Захоплення звукового входу" з цього списку;
- оберіть пристрій, який ви хочете захопити зі списку аудіо пристроїв. Це може бути мікрофон, вбудований звуковий пристрій або будь-який інший аудіо вхід;

- вкажіть потрібні налаштування, такі як рівень гучності, якість звуку і будь-які інші параметри, які ви хочете налаштувати для джерела захоплення звуку;
- натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply), щоб закрити вікно налаштувань. Додайте створене джерело захоплення звуку на вашу сцену, перетягнувши його на необхідне місце на сцені;
- переконайтеся, що звук захоплюється правильно. Для цього виконайте тестовий запис або програвання звуку та перевірте, чи відображається він у програмі OBS.

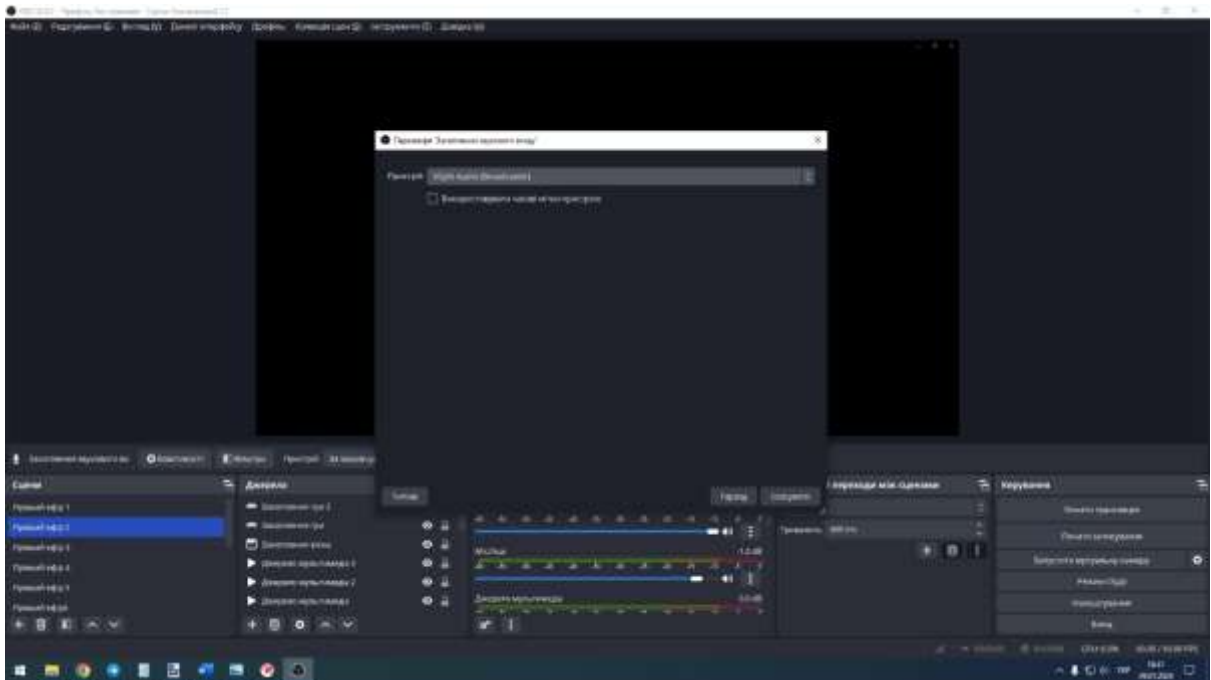


Рисунок 3.14 Додавання джерела захоплення звукового входу OBS Studio

Додавання джерела захоплення зображення:

- натисніть кнопку "+" унизу вкладки "Джерела" для створення нового джерела. Налаштування захоплення зображення на рисунку 3.15;
- оберіть "Зображення" зі списку доступних джерел;
- натисніть "ОК" або "Застосувати" (Apply) і виберіть зображення, яке ви хочете додати;

- після додавання зображення ви можете змінити його розмір, положення, а також застосувати інші ефекти чи трансформації;
- перетягніть додане зображення на сцену OBS, де ви бажаєте його розмістити;
- потрібно врахувати, що може знадобитися змінити налаштування, такі як прозорість, обрізка, ефекти переходу, фільтри тощо.

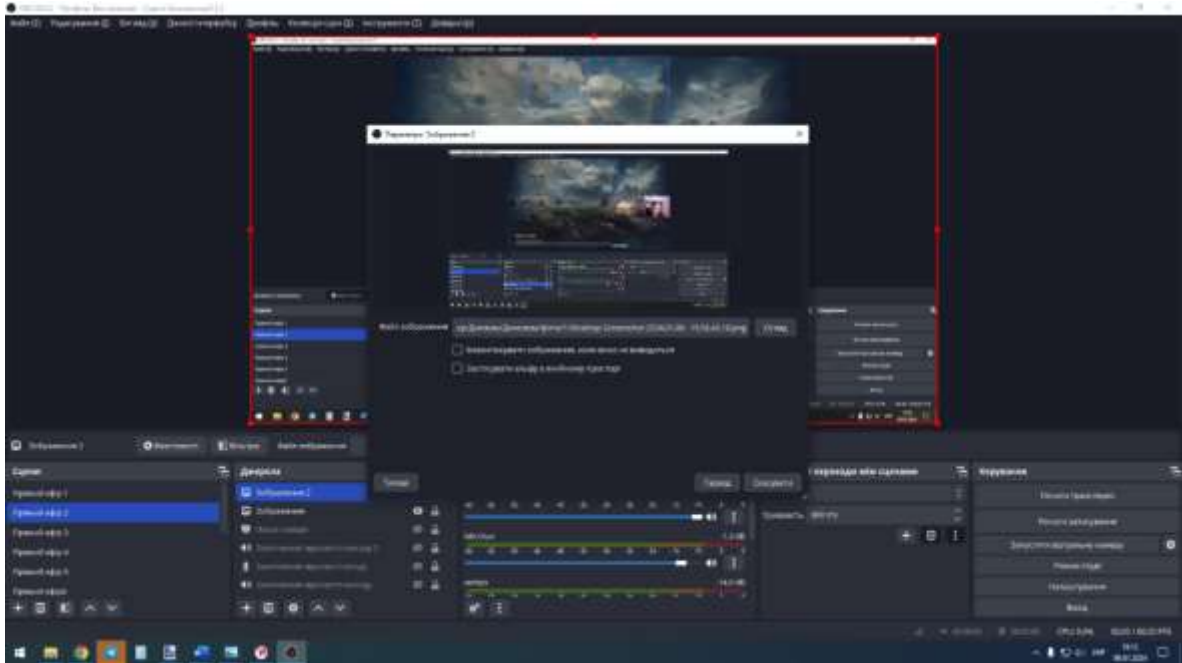


Рисунок 3.15 Додавання джерела захоплення зображення OBS Studio

Додавання джерела захоплення показ слайдів:

- у вкладці "Джерела" натисніть "+" та оберіть показ слайдів, налаштування захоплення зображення на рисунку 3.16;
- створіть новий слайд або додайте існуючий;
- налаштуйте поведінку видимості, режим слайдів та перехід;
- налаштуйте додаткові параметри показу слайдів при необхідності.

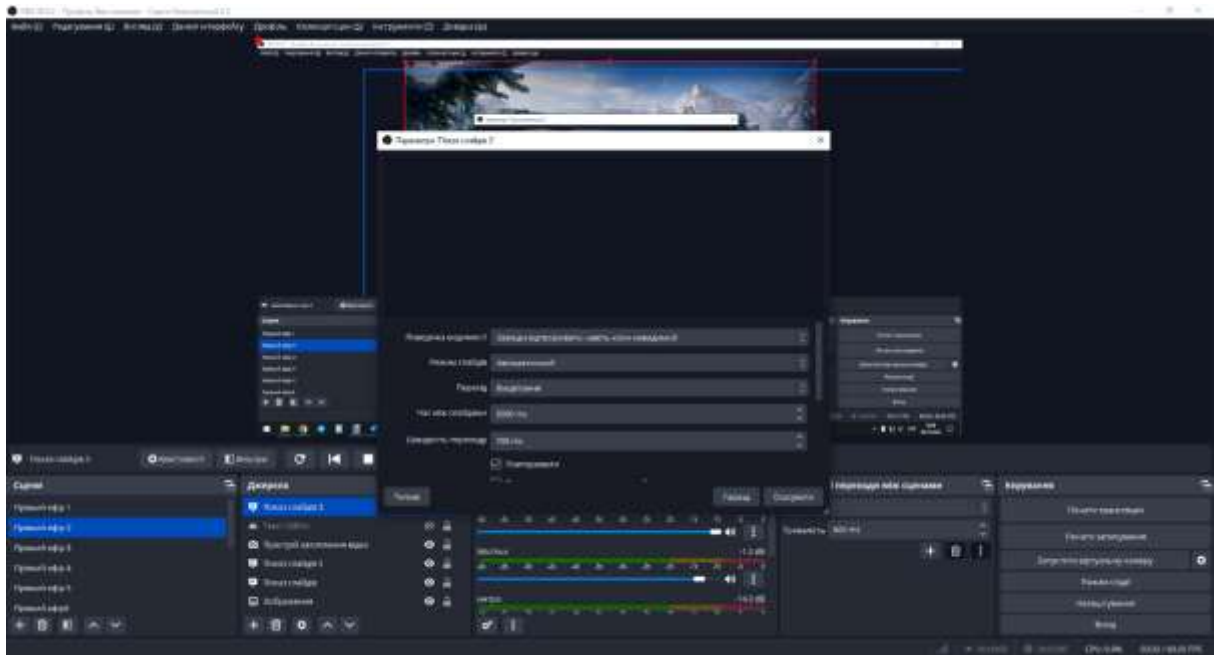


Рисунок 3.16 - Додавання джерела показу слайдів OBS Studio

Додавання джерела пристрій захоплення відео:

- у вкладці "Джерела" натисніть "+" та оберіть тип джерела "Пристрій захоплення відео", налаштування зображено на рисунку 3.17;
- введіть назву для джерела та натисніть "ОК";
- в розкритому списку оберіть пристрій захоплення відео, який ви хочете використовувати;
- встановіть необхідні параметри відео, такі як роздільна здатність, кадрова частота тощо;
- перетягніть нове джерело відеозахоплення в потрібне місце на панелі сцени;
- переконайтеся, що ваше відеозахоплення відображається коректно в попередньому перегляді.

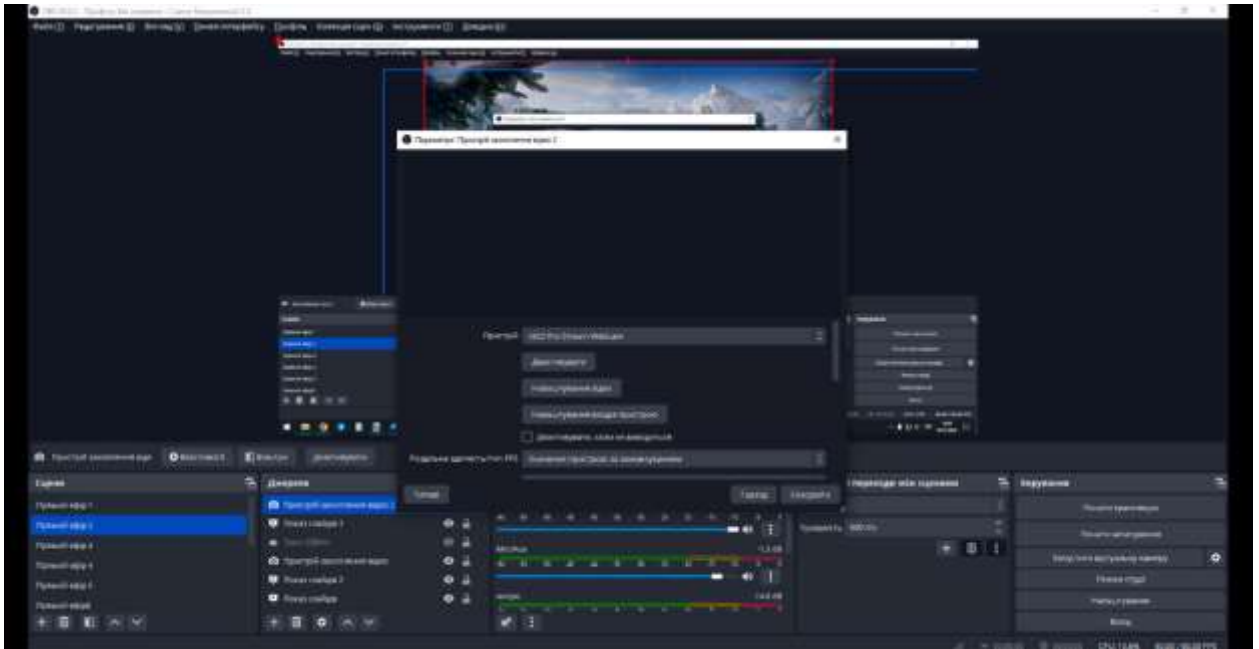


Рисунок 3.17 Додавання джерела пристрою захоплення відео OBS Studio

Додавання джерела текст:

- У вкладці "Джерела" натисніть "+" та оберіть тип джерела "Текст", налаштування джерела "Текст" на рисунку 3.18;
- введіть назву для джерела тексту та натисніть "ОК";
- в новому вікні налаштуйте параметри тексту, такі як розмір шрифту, колір, стиль тощо;
- введіть текст, який ви хочете відобразити в поле для введення;
- перетягніть нове джерело тексту в потрібне місце на панелі сцени;

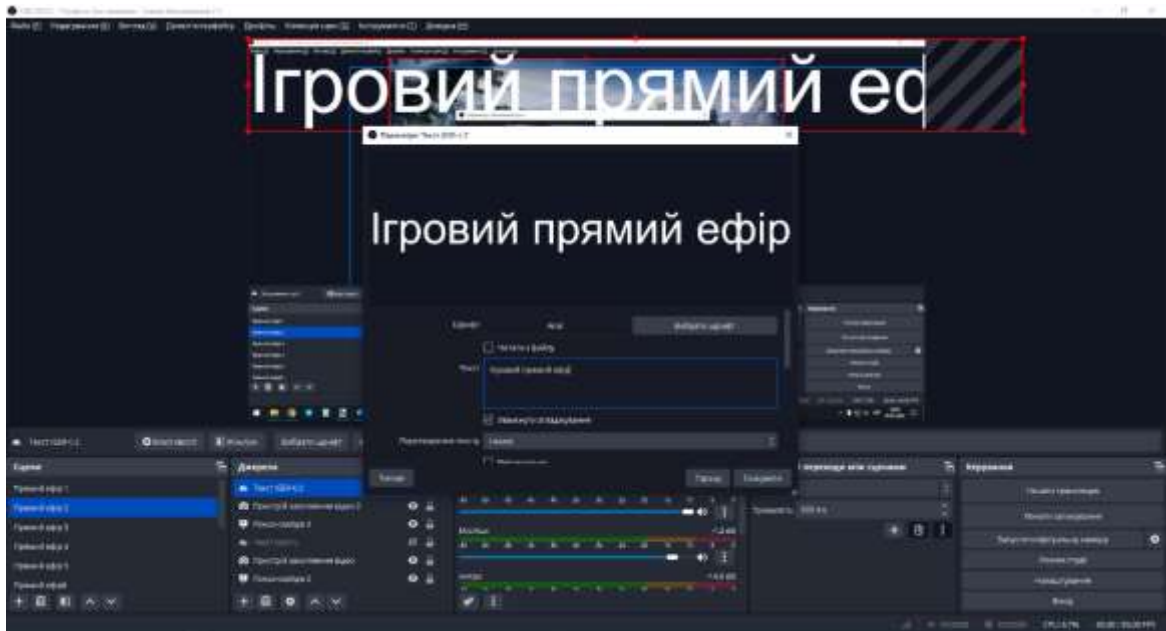


Рисунок 3.18 Додавання джерела текст OBS Studio

Після налаштування джерел для прямих ефірів, потрібно перейти до налаштування загальних параметрів програми OBS Studio для виходу в прямий ефір, та більш детальних характеристик, які залежать від використаного нами обладнання.

Вкладка "Загальні" Рисунок 3.19:

- відкрийте вкладку "Settings" (Налаштування): Знаходиться у верхньому меню OBS Studio;
- у вкладці "Загальні" оберіть мову інтерфейсу та тему;
- інші характеристики налаштовуються індивідуально за бажанням.

Вкладка "Трансляції" Рисунок 3.20:

- відкрийте вкладку "Трансляція" та оберіть сервіс в якому ми будемо проводити прямий ефір, або виберіть сервіс "Користувальницький" та введіть сервер трансляції і ключ трансляції вашої платформи якщо є такі налаштування на платформі;

Вкладка "Вивід" Рисунок 3.21:

- відкрийте вкладку вивід та укажіть бітрейт відео та аудіо, оберіть кодувальник відео та шаблон кодувальника, також кодувальник аудіо;
- інші налаштування проводити від індивідуальних потреб.

Вкладка "Аудіо" Рисунок 3.22:

- відкрийте вкладку та укажіть необхідну чистоту дискретизації і канали;
- оберіть пристрої відтворення звуку;
- інші налаштування проводити від індивідуальних потреб.

Вкладка "Відео" Рисунок 3.23:

- відкрийте вкладку та укажіть основну роздільну здатність іншими словами формат вашого прямого ефіру;
- укажіть роздільність виходу (масштабування) за необхідності в змінній масштабу, масштаб може бути змінений, якщо не потрібно, пункт роздільність виходу повинен відповідати налаштуванням основної роздільної здатності;
- укажіть основну частоту кадрів яка буде використовуватись при проведенні прямого ефіру.

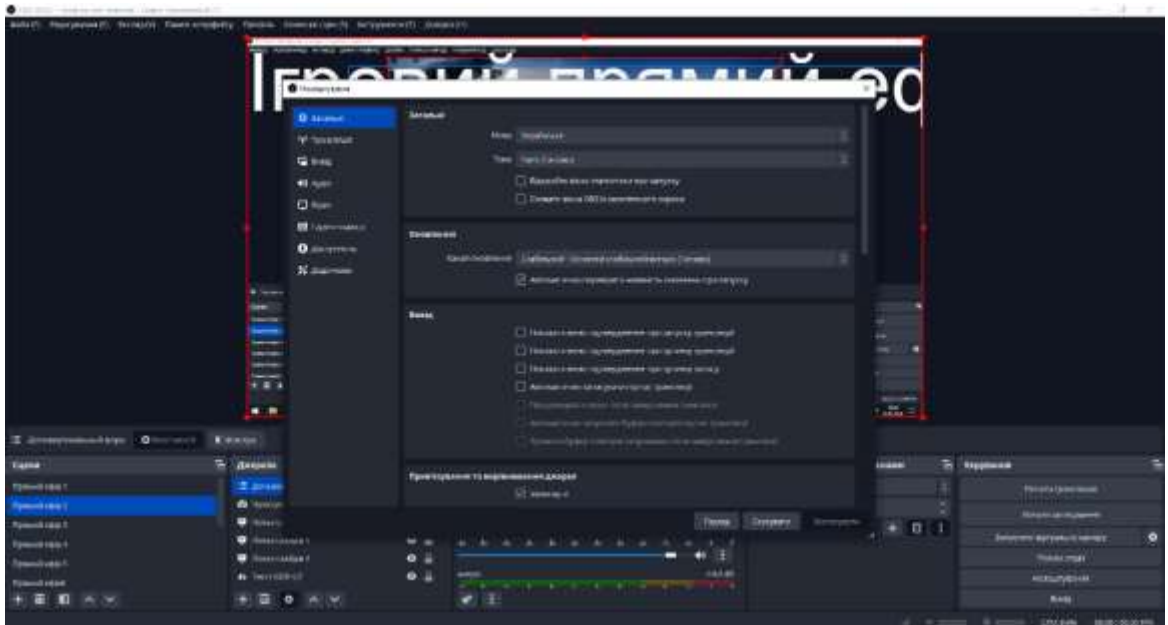


Рисунок 3.19 Вкладка "Загальні" OBS Studio

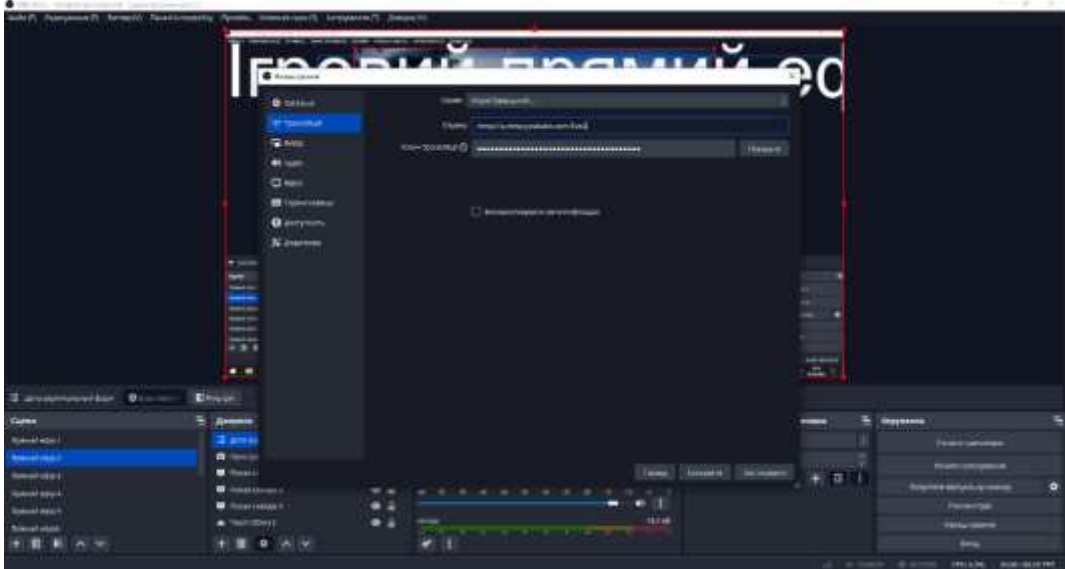


Рисунок 3.20 Вкладка "Трансляції" OBS Studio

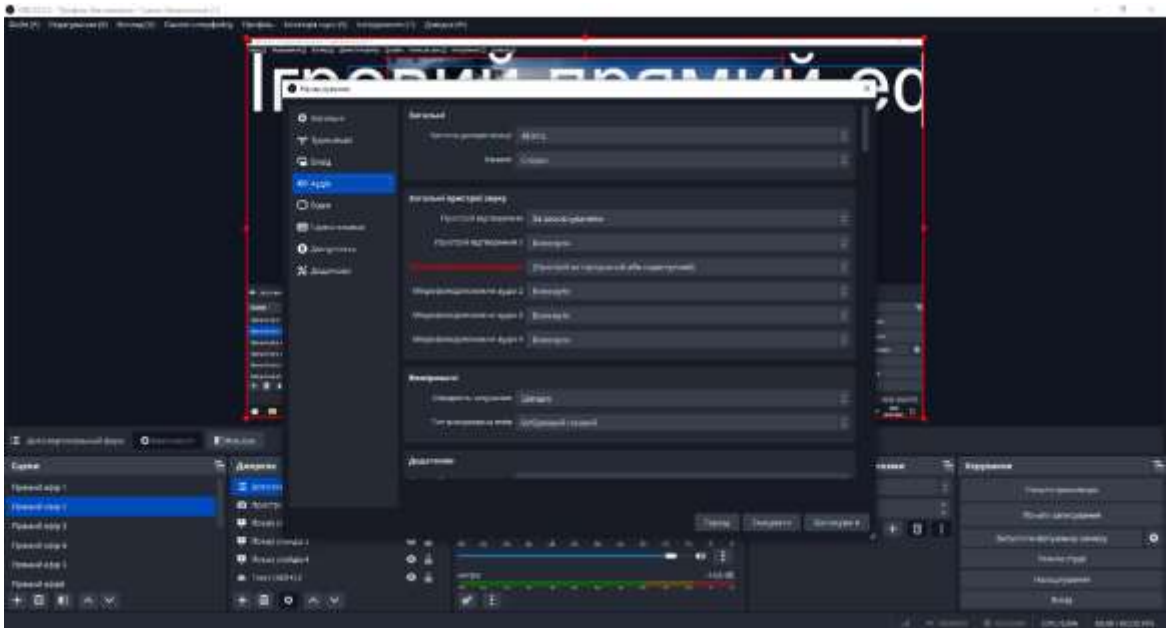


Рисунок 3.21 Вкладка "Вивід" OBS Studio

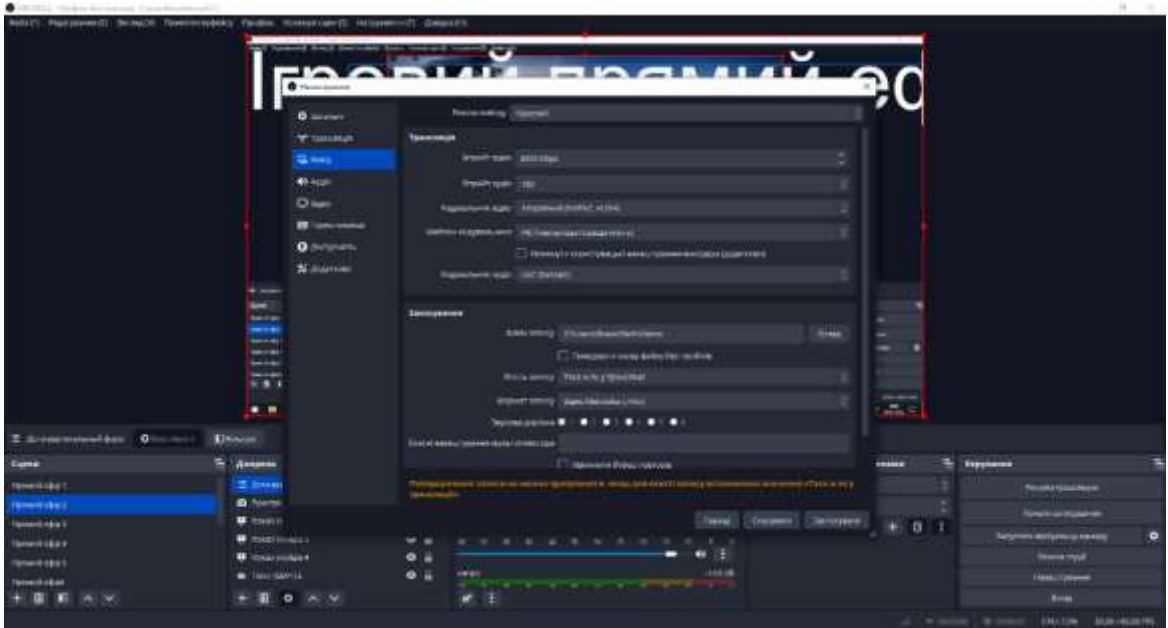


Рисунок 3.23 Вкладка "Відео" OBS Studio

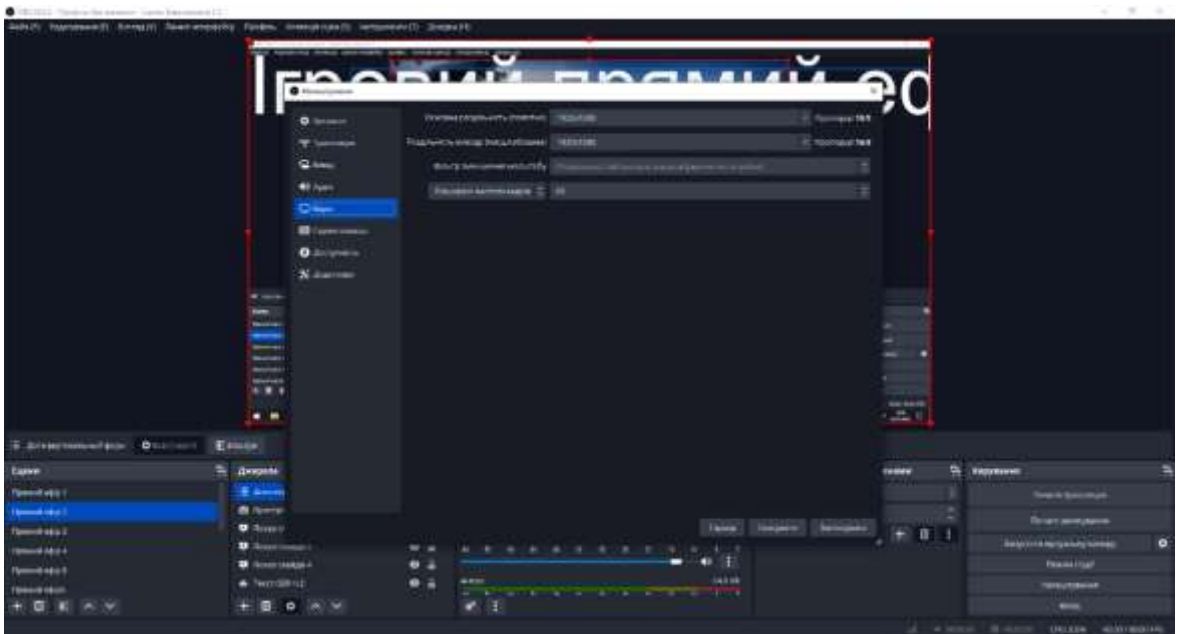


Рисунок 3.22 Вкладка "Аудіо" OBS Studio

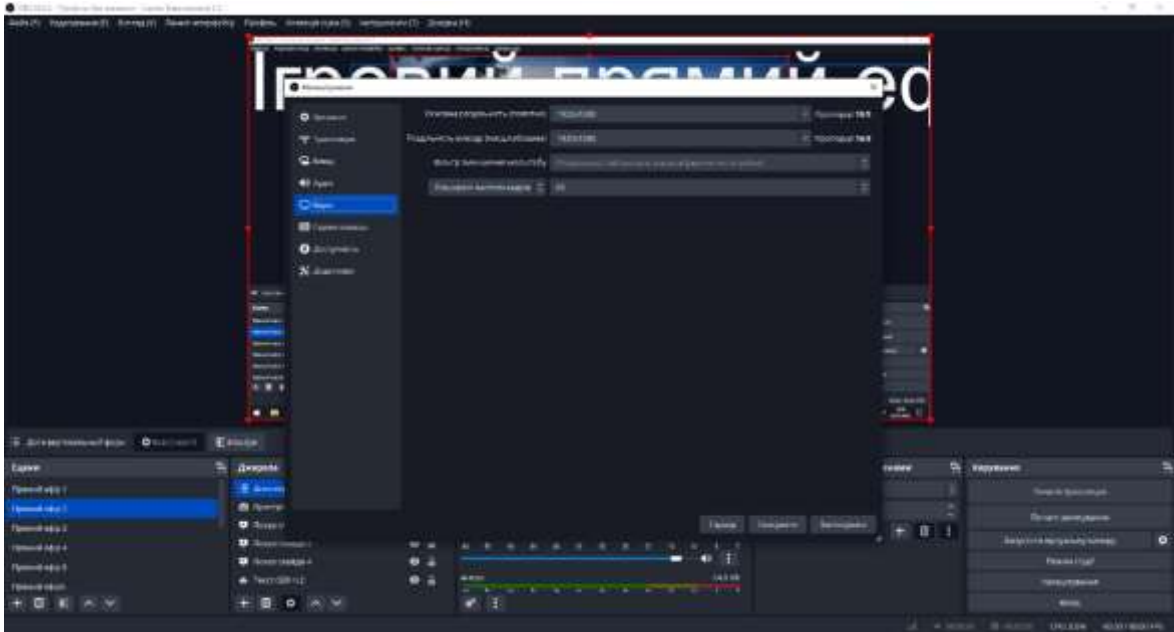


Рисунок 3.23 Вкладка "Відео" OBS Studio

OBS Studio — це потужний інструмент для стрімінгу та запису відео, що надає широкі можливості для користувачів. Основні налаштування в програмі дозволяють нам адаптувати її до вашого конкретного використання.

Глобальні налаштування дозволяють нам адаптувати програму до конкретного використання, забезпечуючи високу якість виведення ваших стрімів та записів. Користувач може вибирати різні параметри, такі як бітрейт, роздільність, частоту кадрів тощо, для оптимального відтворення контенту.

На цьому етапі ми завершуємо основні налаштування OBS Studio для проведення прямого ефіру з ігор.

3.3 Проведення трансляції

Для проведення ігрового прямого ефіру використовуємо платформу YouTube. Також був налаштований інтерфейс та були добавлені такі джерела як, із зазначенням що це прямий ефір, пристрій захоплення відео тобто веб камера, добавлений відео оверлей для додаткового контуру та дизайну веб

камери, зображення де відображено дату проведення прямого ефіру та саму відеогру та інші джерела, зображено на рисунку 3.24.

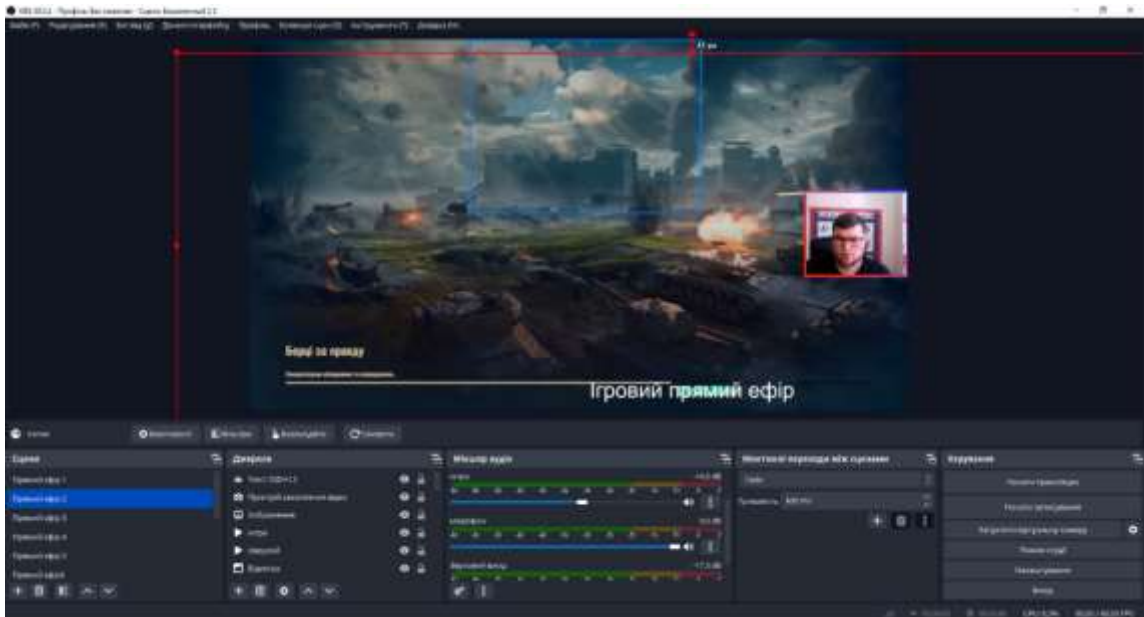


Рисунок 3.24 – Інтерфейс налаштованої програми OBS Studio

При проведенні прямого ефіру ми можемо працювати в внутрішньому інтерфейсом платформи YouTube. На рисунку 3.25 ми наглядно бачимо інтерфейс YouTube який можна умовно поділити на 3 навігаційних області:

- зовнішній вигляд прямого ефіру для глядача;
- налаштування, аналітика та якість трансляції;
- чат з глядачами.

У вкладці "Налаштування прямої трансляції" (рис 3.25) ми беремо ключ трансляції та URL трансляції, вказуємо необхідну нам затримку, налаштовуємо субтитри, якщо потрібні, та статус видимості. Інші налаштування тільки за необхідності.

У вкладці "Аналітика" (рис 3.26) ми спостерігаємо за глядачами, а саме:

- одночасні перегляди;
- активність у чаті;
- перегляди;
- середня тривалість перегляду.

У вкладці "Якість трансляції" (рис 3.27) ми спостерігаємо за статусом трансляції та її змінах, усі дані відео та аудіо потоку можна спостерігати саме в цій вкладці та оперативно реагувати на технічні проблеми у реальному часі.

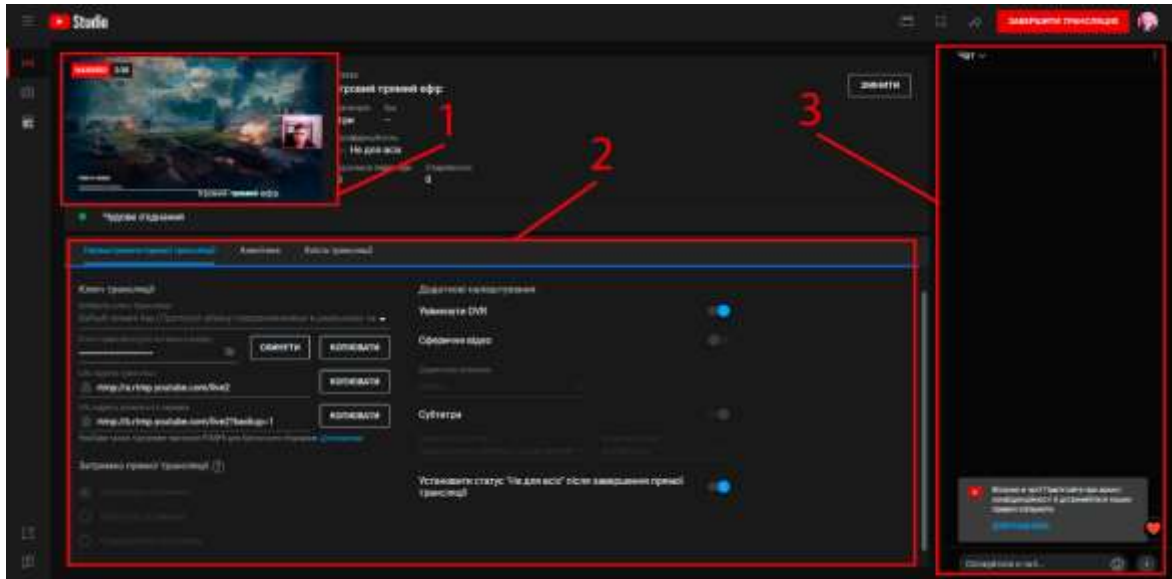


Рисунок 3.25 – Внутрішній інтерфейс YouTube

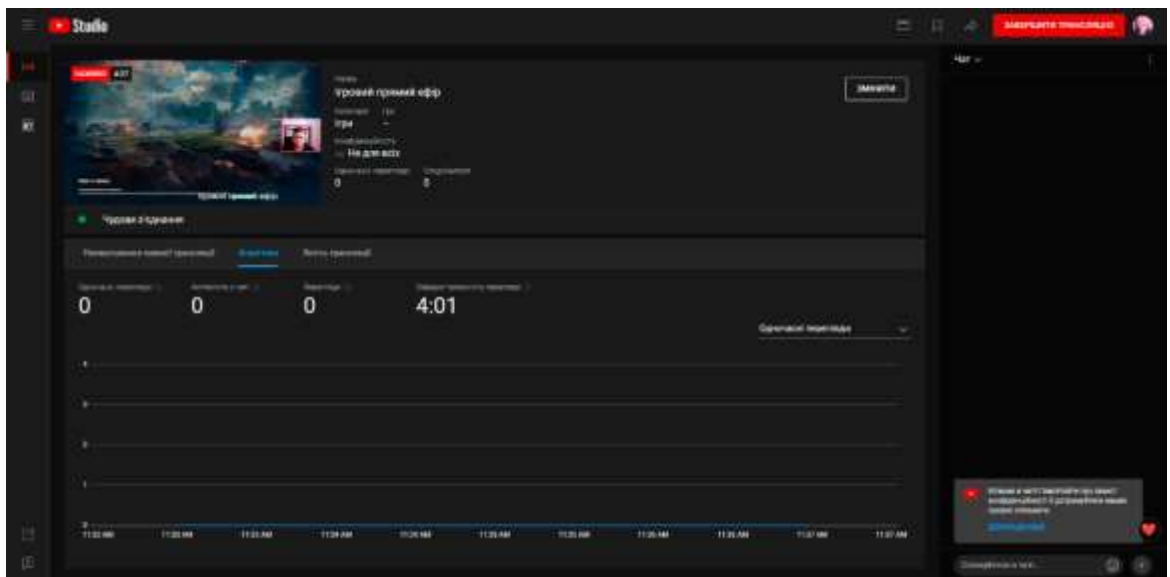


Рисунок 3.26 – Внутрішній інтерфейс вкладки "Аналітика" YouTube

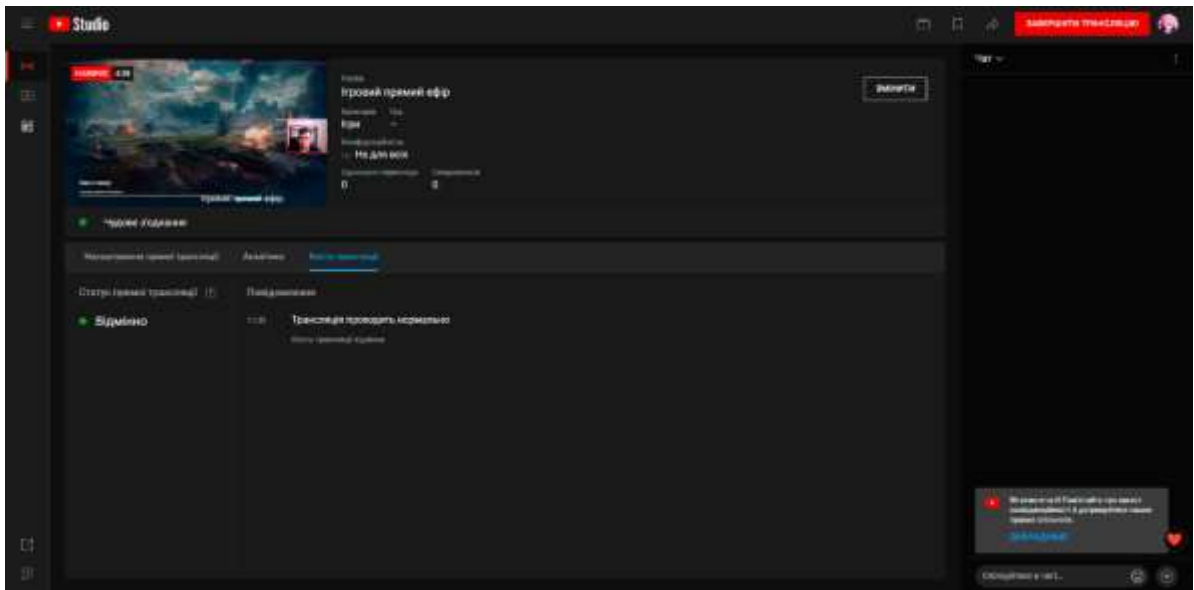


Рисунок 3.27 – Внутрішній інтерфейс вкладки "Якість трансляції" YouTube

Під час проведення прямого ефіру глядачі скаржились на наявність відлуння звуку, тому було проведено розрахунок реверберації в приміщенні.

3.4 Розрахунок реверберацій в приміщенні

Для проведення прямого ефіру з ігор та кращого звуку для глядачів було проведено розрахунок час реверберації.

Реверберація - це залишкове "післязвуччя" в закритих приміщеннях, яке виникає внаслідок повторних відбиттів звукових хвиль від різних поверхонь та одночасного поглиблення звуку. Це явище характеризується інтервалом часу (в секундах), протягом якого інтенсивність звуку зменшується на 60 децибел.

Реверберація відіграє ключову роль у сприйнятті мови, особливо під час прямого ефіру. З метою забезпечення якісного і зрозумілого передавання мовлення, важливо зменшити вплив реверберації до мінімуму.

В нашому випадку акустично непристосованим приміщенням для проведення прямого ефіру є кімната приватного будинку.

До розрахунку включаємо розміри приміщення (довжина – ширина – висота) 5,2х3,3х2,7 м.

Покриття поверхонь в приміщенні:

- на підлозі маємо килим;
- на стелі маємо шпалери;
- стіні в нас з гіпсової штукатурці.

Вікна в нас виходять на дитячий майданчик з середнім рівнем активності. Встановлено двостулкове вікно з 2-камерним склопакету розміром 1,3 м х 1,35 м. Двері дерев'яні міжкімнатні розміром 2х0,7 м.

Предмети в кімнаті (довжина – ширина):

- штора тканинна 2,5х1,5 м;
- диван тканинний на 2 людини 2,25х1,2 м;
- комп'ютерне крісло кожане 1,2х0,68м;
- стіл дерев'яний 1,2х0,9 м;
- шафа дерев'яна 2,1х0,8 м.

Розрахувати час реверберації нам потрібно у акустично непристосованому приміщенні тобто у робочій кімнаті. Розрахунок будемо проводити для середньої частоти мовного спектра 1 кГц за формулою Ейрінга [71]:

$$T_p(f) = \frac{0,071 \cdot V}{-S \cdot \lg(1 - \bar{\alpha}(f))}, \quad (3.1)$$

де V – об'єм кімнати;

S – загальна площа обмежуючих поверхонь в кімнаті;

$\bar{\alpha}$ – середньозважений коефіцієнт звукопоглинання в кімнаті на заданій частоті 1 кГц.

Згідно вихідних даних об'єм кімнати становить:

$$V = a \cdot b \cdot h = 5,2 \cdot 3,3 \cdot 2,7 = 46,332 \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

де V - об'єм кімнати;

a – довжина кімнати;

b – ширина кімнати;

h – висота кімнати.

Загальна площа поверхонь, обмежуючих приміщення, дорівнює:

$$S = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot a \cdot h + 2 \cdot b \cdot h = 2 \cdot 5,2 \cdot 3,3 + 2 \cdot 5,2 \cdot 2,7 + 2 \cdot 3,3 \cdot 2,7 = 80,22 \text{ м}^2. \quad (3.3)$$

Проводимо розрахунок середньозваженого коефіцієнту звукопоглинання у кімнаті за формулою [71]:

$$\bar{\alpha} = \frac{A_o + A_{\text{дод}} + A_{\text{доб}}}{S}, \quad (3.4)$$

де A_o – основний фонд поглинання звуку враховує вплив покриття підлоги, стелі, вікон та дверми;

$A_{\text{дод}}$ – додатковий фонд поглинання звуку враховує вплив предметів у кімнаті та людей;

$A_{\text{доб}}$ – добавковий фонд звукопоглинання враховує - це звукові хвилі які проникають в отвори та щілини, а також коливаються від різних гнучких елементів і т.д..

Розрахунок для основного фонду поглинання звуку:

$$A_o = \alpha_n \cdot S_n + \alpha_{\text{стін}} \cdot S_{\text{стін}} + \alpha_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}}, \quad (3.5)$$

де α_n – коефіцієнт поглинання звуку для підлоги;

S_n – площа підлоги не зайнятої меблями;

$\alpha_{\text{стін}}$ – коефіцієнт поглинання звуку для стін;

$S_{\text{стін}}$ – площа вільних стін за виключенням дверей та вікна;

$\alpha_{ст}$ – коефіцієнт поглинання звуку для стелі;

$S_{ст}$ – площа стелі.

Площа підлоги:

$$S_n = a \cdot b - S_m = 5,2 \cdot 3,3 - (2,7 + 0,816 + 1,08 + 1,68) = 10,88 \text{ м}^2. \quad (3.6)$$

Площа стін за виключенням двері, вікна:

$$S_{стін} = 2 \cdot a \cdot h + 2 \cdot b \cdot h - S_{д} - S_{в} = (2 \cdot 5,2 \cdot 2,7) + (2 \cdot 3,3 \cdot 2,7) - 1,755 + 1,4 = 48,99 \text{ м}^2. \quad (3.7)$$

Площа стелі:

$$S_{ст} = a \cdot b = 5,2 \cdot 3,3 = 17,16 \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

Розрахунок для основного фонду поглинання звуку складає:

$$A_o = \alpha_{п} \cdot S_{п} + \alpha_{стін} \cdot S_{стін} + \alpha_{ст} \cdot S_{ст} =, \\ = 0,02 \cdot 7,62 + 0,05 \cdot 36,46 + 0,04 \cdot 9,72 = 3,353 \text{ м}^2. \quad (3.9)$$

Розраховуємо додатковий фонд поглинання звуку [71]:

$$A_{дод} = \alpha_l S_l + \alpha_{див} S_{див} + \alpha_{стол} S_{стол} + \alpha_v S_v + \alpha_{д} S_{д} + \alpha_{ум} S_{ум} + \alpha_{ст} S_{ст} + \\ \alpha_{ш} S_{ш} = (0,44 \cdot 1) + (0,4 \cdot 2,7) + (0,1 \cdot 1,08) + (0,4 \cdot 1,755) + (0,2 \cdot 1,4) + \\ (0,4 \cdot 3,75) + (0,2 \cdot 0,816) + (0,1 \cdot 1,68) = 4,063 \text{ м}^2, \quad (3.10)$$

де α_l – коефіцієнт поглинання звуку зайнятих людьми;

S_l – площа місць зайнятих людьми;

$\alpha_{див}$ – коефіцієнт поглинання звуку дивану;

$S_{див}$ – площа дивану;

$\alpha_{стіл}$ – коефіцієнт поглинання звуку столу;

$S_{стіл}$ – площа столу;

α_v – коефіцієнт поглинання звуку вікна;

S_g – площа вікна;

α_d – коефіцієнт поглинання звуку двері;

S_d – площа двері;

$\alpha_{шт}$ – коефіцієнт поглинання звуку штор;

$S_{шт}$ – площа штор;

α_r – коефіцієнт поглинання звуку комп'ютерного стільця;

S_r – площа комп'ютерного стільця;

$\alpha_{ш}$ – коефіцієнт поглинання звуку шафи;

$S_{ш}$ – площа шафи.

Розраховуємо добавковий фонд поглинання звуку [71]

$$A_{доб} = \alpha_{доб} \cdot S_{доб}, \quad (3.11)$$

де $\alpha_{доб}$ – коефіцієнт добавкового поглинання звуку;

$S_{доб}$ – площа добавкового поглинання звуку.

Для розрахунку добавкового фонду поглинання звуку ми використовуємо величину площі, яка дорівнює половині площі поверхонь, обмежуючих приміщення кімнати:

$$S_{доб} = S/2 = 80,22/2 = 40,11 \text{ м}^2. \quad (3.12)$$

Для середніх та малих приміщень для розрахункової частоти 1000 Гц беремо $\alpha_{доб} = 0,03$. Тоді добавковий фонд поглинання звуку:

$$A_{доб} = \alpha_{доб} \cdot S_{доб} = 0,03 \cdot 40,11 = 1,203 \text{ м}^2, \quad (3.13)$$

Розраховуємо коефіцієнт звукопоглинання середньозважений в кімнаті:

$$\bar{\alpha} = \frac{A_0 + A_{\text{дод}} + A_{\text{доб}}}{S} = \frac{3,353 + 4,063 + 1,203}{80,22} = 0,107. \quad (3.14)$$

Наступним кроком розраховуємо час реверберації у акустично непристосованій кімнаті, для середньої частоти мовного спектра беремо 1 кГц:

$$T_p = \frac{0,071 \cdot V}{-S \cdot \lg(1 - \bar{\alpha})} = \frac{0,071 \cdot 46,33}{-80,22 \cdot \lg(1 - 0,107)} = 0,834 \text{ с.} \quad (3.14)$$

Після проведення усіх розрахунків можна зробити висновок, що при проведенні прямих ефірів ми маємо низьку якість звуку, яка має бути покращеною за допомогою додаткових фільтрів в OBS Studio.

Для зменшення відлуння та сторонніми шумами ми додаємо фільтри мікрофону у вікні "Мікшер аудіо", натиснувши на наш мікрофон правою кнопкою миші та вибравши пункт "Фільтри" (рисунок 3.28).

Додаємо такі фільтри:

- пороговий шумопонижувач;
- подавлення шуму;
- підсилення.

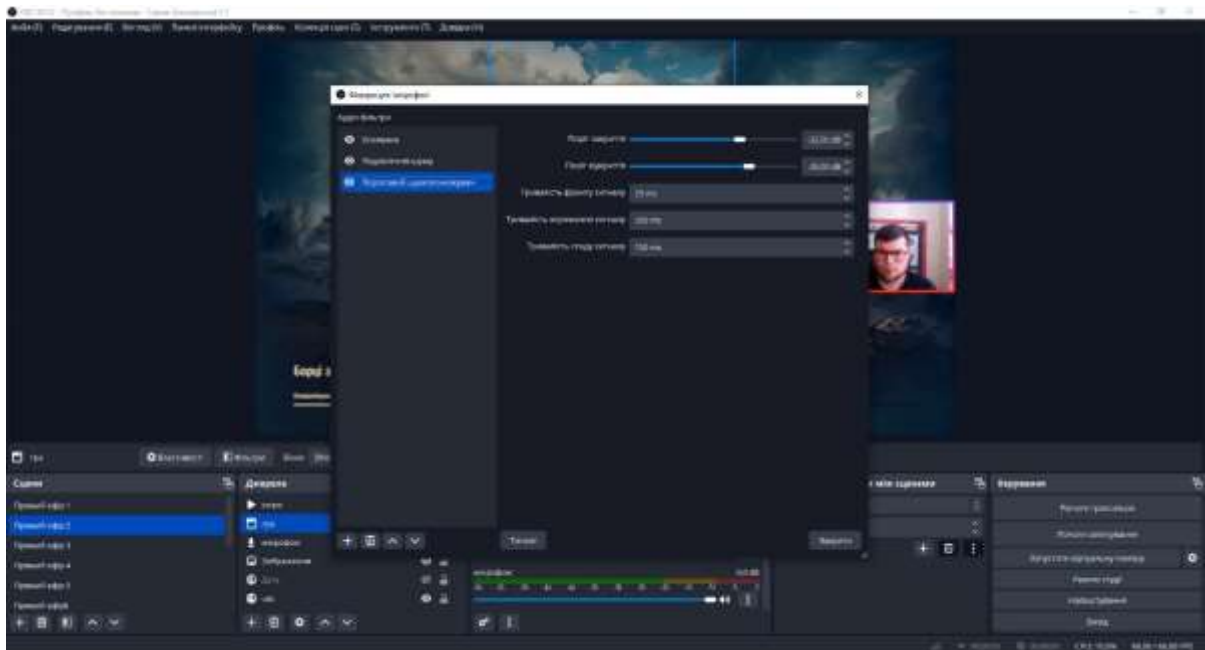


Рисунок 3.28 – "Фільтри" OBS Studio

За допомогою цих фільтрів проводимо налаштування мікрофону та прибираємо сторонні шуми.

Після налаштувань ми отримали чіткий звук без сторонніх шумів та відлунь, таким чином ми налаштували OBS Studio.

3.5 Висновки до розділу

В процесі роботи було розроблено структурні схеми для проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту. Проведений аналіз цих структурних схем.

Провели налаштування та додавання джерел у програмі OBS Studio. Для коректного проведення ігрових прямих ефірів розглянули основні налаштування програми для урахування технічних особливостей обладнання.

Провели ігровий прямий ефір та розглянули внутрішній інтерфейс платформи YouTube.

Глядачі відзначили зручність перегляду прямого ефіру через можливість переглянути незрозумілий момент замість перепитування ведучого. Це є важливою перевагою, оскільки дозволяє глядачам приймати участь в прямому ефірі та удосконалювати свої навички.

Однак, при такому режимі підвищуються вимоги до якості звуку. Тому для проведення таких трансляцій необхідно використовувати якісне обладнання для боротьби з реверберацією.

Реверберація в приміщенні, де проводився ігровий прямий ефір, склала 0,834 секунди. Цей час реверберації вважається високим, оскільки він означає, що звук відбивається від стін і стелі кілька разів, перш ніж зникнути. Це може призвести до того, що звук буде розмитим і важко зрозумілим.

Щоб покращити якість звуку, необхідно використовувати обладнання для боротьби з реверберацією. Для зменшення реверберації потрібно використовувати в кімнаті додаткові звукопоглинаючі матеріали, такі як килими, поролон або панелі з спіненої гуми, а також ревербератори, які можуть контролювати кількість відбитого звуку.

ВИСНОВКИ

У ході роботи було проведено аналіз технічної складової проведення відео трансляцій відеоігор. Було встановлено, що найефективнішим відеокодеком для прямих ефірів є H.265 HEVC, який забезпечує до 50%-го зменшення розміру файлу порівняно з H.264/MPEG-4 AVC при збереженні того ж рівня якості відео. Найпопулярнішим протоколом для проведення онлайн трансляцій відеоігор у 2023 році був RTMP, який використовується для потокової передачі відео та звуку в реальному часі.

Було розглянуто онлайн платформи для проведення прямих ефірів по відео іграм, з яких Twitch може бути відмінним початком для входження у геймінг-стрімінг, завдяки своїй активній геймерській аудиторії. YouTube та TikTok також можуть бути хорошими виборами для професіоналів, які хочуть побудувати стабільну аудиторію та отримати можливість монетизації.

Проведено аналіз програмного забезпечення для стріму, де виявили що Streamlabs OBS є чудовим вибором для початку, оскільки він надає простий спосіб розпочати стрімінг і одночасно включає в себе різні корисні інструменти. OBS Studio може підійти більше для професіонального використання та надати більше гнучкості і налаштувань для тих, хто має досвід і хоче глибше вивчити та контролювати трансляційний процес.

У процесі роботи було розроблено структурні схеми для проведення онлайн трансляцій відео ігрового контенту. Проведений аналіз цих структурних схем.

Провели налаштування та додавання джерел у програмі OBS Studio. Для коректного проведення ігрових прямих ефірів розглянули основні налаштування програми для урахування технічних особливостей обладнання. Провели ігровий прямий ефір та розглянули внутрішній інтерфейс платформи YouTube.

Глядачі відзначили зручність перегляду прямого ефіру через можливість переглянути незрозумілий момент замість перепитування ведучого. Це є важливою перевагою, оскільки дозволяє можливість глядачам приймати участь в прямому ефірі та удосконалювати свої навички.

Однак, при такому режимі підвищуються вимоги до якості звуку. Тому для проведення таких трансляцій необхідно використовувати якісне обладнання для боротьби з реверберацією.

Реверберація в приміщенні, де проводився ігровий прямий ефір, склала 0,834 секунди. Цей час реверберації вважається високим, оскільки він означає, що звук відбивається від стін і стелі кілька разів, перш ніж зникнути. Це може призвести до того, що звук буде розмитим і важко зрозумілим.

Щоб покращити якість звуку, необхідно використовувати обладнання для боротьби з реверберацією. Для зменшення реверберації потрібно використовувати в кімнаті додаткові звукопоглинаючі матеріали, такі як килими, поролон або панелі з спіненої гуми, а також ревербератори, які можуть контролювати кількість відбитого звуку.

Загалом, у ході роботи було проведено комплексний аналіз технічної складової проведення відео трансляцій відеоігор. Було встановлено оптимальні параметри для проведення таких трансляцій, а також визначені проблеми, які необхідно вирішити для покращення якості звуку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A Comparative Example Between The Use Of Pca And Mds For Image Classification / Hernandez, W., Mendez, A., Flor-Unda, O., Camejo, I.M., Kolendovska, M.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152565, Pages 1353-1358
2. Algorithm For Generating Refined Frequency Estimates In Atmospheric Radio Sounding Systems / Kartashov V., Hernandez W., Hernandez-Balbuena D., M. Kolendovska, Konovalenko O., Melnyk V.// IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152562, Pages 79-82
3. Application of Fast Frequency Shift Measurement Method for INS in Navigation of Drones / D. Avalos-Gonzalez, D.H. Balbuena, V. Tyrsa, V.M. Kartashov, M. Kolendovska, S. Sheiko, O. Sergiyenko, V. Melnyk, F.N. Murrieta-Rico // IECON 2018 – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – P. 3159–3164.
4. Avalos-Gonzalez, D., Sergiyenko, O., Hernandez-Balbuena, D., Tyrsa, V., Kartashov V.M., V., Rivas-Lopes, M., Murrieta-Rico, F.N. Constraints definition and application optimization based on geometric analysis of the frequency measurement method by pulse coincidence// Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (USA). 2018, V.126. P. 184-193.
5. Book “Control and Signal Processing Applications for Mobile and Aerial Robotic Systems”, Hardback - Advances in Computational Intelligence and Robotics English. Edited by Oleg Sergiyenko, Moises Rivas-Lopez, Wendy

- Flores-Fuentes, Julio Cesar Rodríguez-Quiñonez, Lars Lindner. Editorial IGI Global, Hershey, United States, January 2020, 340 páginas. ISBN10 152259924X, ISBN13 9781522599241
6. Cesar Sepulveda-Valdez ; Oleg Sergiyenko ; Vera Tyrsa ; Wendy Flores-Fuentes ; Julio César Rodríguez-Quiñonez ; Fabian Natanael Murrienta-Rico ; Jesús Elías Miranda-Vega ; Paolo Mercorelli ; Marina Kolendovska. "Geometric analysis of a laser scanner functioning based on dynamic triangulation," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1398-1403, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152268.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152268>
 7. Cuauhtémoc Mariscal-García; Wendy Flores-Fuentes; Daniel Hernández-Balbuena; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Oleg Sergiyenko. "Classification of Vehicle Images through Deep Neural Networks for Camera View Position Selection," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1376-1380, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152440.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152440>
 8. Developing and Applying Optoelectronics in Machine Vision/ O. Sergiyenko, J.C. Rodriguez-Quiñonez, IGI Global, 2016; 341p.
 9. Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission, /Oleynikov, V., Zubkov, O., Kartashov, V., ...Sheiko, S., Babkin, S.//2019 IEEE International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019 - Proceedings, 2019, стр. 175-178, 9061337
 10. Features of acoustic noise of small unmanned aerial vehicles / Semenets, V.V., Kartashov, V.M., Leonidov, V.I. //Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika), 2020, 79(11), стр. 985-995

11. Geometric Analysis Of A Laser Scanner Functioning Based On Dynamic Triangulation / Sepulveda-Valdez, C., Sergiyenko, O., Tyrsa, V, Mercorelli, P., Kolendovska, M. // IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 29th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2020; Delft; Netherlands; 17 June 2020 до 19 June 2020; Volume 2020-June, June 2020, № 9152268, Pages 1398-1403
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152255>
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9161870>
12. I. Y. A. Corpus, L. Lindner, O. Sergiyenko. "Transimpedance Amplifier for Laser Scanning System Range Extension," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1421-1426, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152487.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152487>
13. Ivanov, M., Sergiyenko, O., Mercorelli, P., Hernandez, W.c, Rodriguez Quinonez, J.C.d, Katashov V., Kolendovska, M., Iryna, T. Effective informational entropy reduction in multi-robot systems based on real-time TVS. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2019-June, 8781209, c. 1162-1167.
14. Jonathan J. Sanchez-Castro ; Julio C. Rodríguez-Quiñonez ; Luis R. Ramírez-Hernández ; Guillermo Galaviz ; Daniel Hernández-Balbuena ; Gabriel Trujillo-Hernández ; Wendy Flores-Fuentes ; Paolo Mercorelli ; Wilmar Hernández-Perdomo ; Oleg Sergiyenko ; Félix Fernando González-Navarro. "A Lean Convolutional Neural Network for Vehicle Classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1365-1369, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152274.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152274>
15. Lindner, L., Sergiyenko, O., Rivas-López, M., (...), Gurko, A., Kartashov, V.M. Machine vision system for UAV navigation; IEEE, 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and

- Road Vehicles and International Transportation Electrification Conference, ESARS-ITEC, 2016; pp.1–6. DOI: 10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841356.
- 16.M. Ivanov, O. Sergiyenko, V. Tyrsa, P. Mercorelli, V. Kartashov, W. Hernandez, S. Sheiko, M. Kolendovska. Individual scans fusion in virtual knowledge base for navigation of mobile robotic group with 3D TVS // Proceedings of 44th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society (IECON).. -2018. – Washington DC, USA. -S. 3187-3192. . ISBN 978-1-5090-6683-4/18/.
 - 17.Murrieta-Rico, F.N., Petranovskii, V., Galvan, D.H., Sergiyenko, O., Yocupicio-Gaxiola, R.I., De Dios Sanchez-Lopez, J. Phase effect in frequency measurements of a quartz crystal using the pulse coincidence principle. 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 185-190, 9152255, DOI: 10.1109/ISIE45063.2020.9152255
 - 18.Oleksandr Sotnikov, Vladimir Kartashov, Oleksandr Tymochko, Oleg Sergiyenko, Vera Tyrsa, Paolo Mercorelli, Wendy Flores-Fuentes. Methods for Ensuring the Accuracy of Radiometric and Optoelectronic Navigation Systems of Flying Robots in a Developed Infrastructure. Chapter 16// Machine Vision and Navigation; Springer, Cham. pp.537–578. Editors: Sergiyenko, Oleg, Flores-Fuentes, Wendy, Mercorelli, Paolo. DOI: 10.1007/978-3-030-22587-2_16.
 - 19.Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time/Kartashov, V., Oleynikov, V., Zubkov, O., Sheiko, S.// 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165362/
 - 20.Principles Of Construction And Assessment Of Technical Characteristics Of Multi-Frequency Atmospheric Sodar In The Humidity Measurement Mode / Kartashov, V.M., Sidorov, G.I., Sheiko, S.A., Kolendovskaya, M.M., Sergienko, O.Yu. // Telecommunications And Radio Engineering

- (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v79.i4.50, p. 323-333/
21. Research Of The Uncertainty Of Measurement Frequencies And Definitions Of The Frequency Signal In The Waveguide With Respect To Power / Semenets, V.Zakharov, I. Serhienko, M., Kartashov, V.M, , Kolendovska, M., Hernandez, W., Hipolito, J.I.N., , Tyrsa, V.// 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2019; Lisbon Congress CenterLisbon; Portugal; 14 October 2019 до 17 October 2019; CFP19IEC-ART; Код 155980, Volume 2019-October, October 2019, № 8927203, Pages 4674-4679
22. Spatial-Temporal Processing Of Acoustic Signals Of Unmanned Aerial Vehicles /Kartashov V.M., Oleinikov V.N., Zubkov O.V., Sheiko S.A., Kolendovska M.M.// Telecommunications And Radio Engineering (English Translation Of Elektrosvyaz And Radiotekhnika), 2020, ISSN Print: 0040-2508, ISSN Online: 1943-6009, DOI: 10.1615/Telecomradeng.v79.i9.40, p. 769-780
23. Stereoscopic Vision Systems In Machine Vision, Models, And Applications (Book Chapter)/ Ramírez-Hernández, L.R., Rodríguez-Quiñonez, J.C., Castro-Toscano, M.J., Kolendovska, M., Murrieta-Rico, F.N.// Machine Vision And Navigation, 2019 Machine Vision and Navigation 30 September 2019, Pages 241-265
24. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 16. // Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quiñonez. (341p.), IGI Global, 2017; pp. 361-381. DOI: 10.4018/978-1-5225-0983-7.ch016.
25. Strelkova T., Kartashov V., Lytyuga A., Strelkov A. Theoretical Methods of Images Processing in Optoelectronic Systems. Chapter 6// Developing and

- Applying Optoelectronics in Machine Vision; Oleg Sergiyenko and Julio C. Rodriguez-Quiñonez. (341p.) – USA, Herhey, IGI Global, 2016; pp.180-205.
26. Sytnik O., Kartashov V. Methods and Algorithms for Technical Vision in Radar Introscopy. Chapter 13// Optoelectronics in Machine Vision-Based Theories and Applications. IGI Global, 2019; pp. 373-391.
27. The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal/Semenets, V., Kartashov, V., Sergiyenko, O., ...Rodriguez-Quinonez, J.C., Flores-Fuentes, W.//IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2020, 2020-June, p. 215-219
28. Unda, O.F., Hernandez, W., Vargas, O., Mendez, A., Sergiyenko, O., Tyrza, V. Construction of a robotic platform of differential type for first-year students of electronic engineering, 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020, 24-26 de junio de 2020, Sorrento, Italia, pp. 538-543, 9161870, DOI: 10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161870
29. Use of Acoustic Signature for Detection, Recognition and Direction Finding of Small Unmanned Aerial Vehicles/Kartashov, V., Oleynikov, V., Koryttsev, I., ...Babkin, S., Selieznov, I.//Proceedings - 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2020, 2020, p. 377-380/
30. V. Semenets; Vladimir Kartashov ; Oleg Sergiyenko; Vyacheslav Tikhonov ; Paolo Mercorelli ; Sergiy Sheiko ; Nataliya Chmelarova. "The Use of Factorization and Multimode Parametric Spectra in Estimating Frequency and Spectral Parameters of Signal," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 215-219, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152238.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152238>
31. Wilmar Hernandez ; Alfredo Mendez ; Omar Flor-Unda ; Vicente Gonzalez-Posada ; Jose Luis Jimenez ; Oleg Sergiyenko ; Julio C. Rodriguez-Quiñonez

; Mykhailo Ivanov ; Ivan Menes Camejo ; Marina Kolendovska. "A comparative example between the use of PCA and MDS for image classification," 2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Delft, Netherlands, 17-19 of June 2020, pp. 1353-1358, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152565.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9152565>

32. Карташов В.М. и др. Обработка сигналов в радиоэлектронных системах дистанционного мониторинга атмосферы; Харьков: ХНУРЭ, 2014. 312 с.
33. Ситнік О.В., Карташов В.М. Радіотехнічні системи. Навч. посібник. Х.: Сміт, 2009. 448 с.