



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ комп'ютерної інженерії та управління \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ електронних обчислювальних машин \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ 123 «Комп'ютерна інженерія» \_\_\_\_\_  
(код і повна назва)

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

Освітня програма \_\_\_\_\_ Комп'ютерна інженерія \_\_\_\_\_  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві \_\_\_\_\_ Скрипник Катерині Вікторівні \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Система організації прямих етерів \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р. № 424 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ 17 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи \_\_\_\_\_

1) наявний мікшерний пульти для аудіосигналу;

2) умови використання: закриті приміщення 20x12 метрів;

3) бюджетні обмеження: середній рівень, без професійного студійного обладнання

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі \_\_\_\_\_

1) аналіз проблем та потреб користувачів;

2) огляд та порівняння існуючих рішень;

3) розробка структури системи;

4) розрахунок та оцінка функціональності системи;

5) висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій \_\_\_\_\_

Слайд-презентація – 10 слайдів \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз проблем та потреб	27.05.25-31.05.25	
2	Огляд та порівняння існуючих рішень	01.06.25-04.06.25	
3	Розробка структури системи	05.06.25-07.06.25	
4	Розрахунок та оцінка функціональності системи	7.06.25-09.06.25	
5	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	10.06.25-11.06.25	
6	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	12.06.25-13.06.25	
7	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	14.06.25-16.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

доц. Юрій КОЛТУН \_\_\_\_\_

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 60 с., 9 рис., 1 табл., 1 дод., 16 джерел.

ЕТЕР, ВІДЕООБЛАДНАННЯ, КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ, АУДІООБЛАДНАННЯ, МІКШЕРНИЙ ПУЛЬТ, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, ЦИФРОВИЙ СИГНАЛ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка оптимальної, технічно обґрунтованої та економічно доцільної системи для організації прямих трансляцій з урахуванням технічних та просторових умов.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексний аналіз потреб щодо організації прямих трансляцій та інших заходів. З огляду на зростаючу роль цифрових технологій у повсякденному житті, особливу увагу було приділено підбору обладнання, яке забезпечувало б якісний звук та зображення, а також відповідало б технічним можливостям приміщення.

Було досліджено основні складові системи прямих ефірів, зокрема відеокамери, мікшерні пульти, аудіосистеми та комп'ютерні засоби для обробки та трансляції сигналу. У процесі роботи також вивчено сучасні стандарти передачі аудіо- та відеосигналів. Особливу увагу приділено технічним розрахункам, зокрема оцінці довжин та типів кабелів, їх пропускної здатності, відповідності до стандартів SDI та HDMI, а також необхідного бітрейту для передачі сигналу без втрат якості. Робота орієнтована на умови помісної церкви здобувача та має прикладне значення для впровадження подібних систем у малих громадах.

## ABSTRACT

Bachelor's thesis: 60 pages, 9 figures, 1 table, 1 appendix, 16 sources.

BROADCAST, AUDIO EQUIPMENT, COMPUTER SYSTEMS, VIDEO EQUIPMENT, MIXER CONSOLE, THROUGHPUT, DIGITAL SIGNAL.

The major goal of this thesis is to develop an optimal, technically sound, and economically feasible system for organizing live broadcasts of church services, considering both technical and spatial conditions.

In order to achieve this goal, a comprehensive analysis was carried out of the needs of a local church regarding the organization of live broadcasts of services and other events. Given the increasing role of digital technologies in religious life, particular attention was paid to the selection of equipment capable of providing high-quality sound and video, while also meeting the technical capabilities of the church.

The main components of a live broadcast system were examined, including video cameras, mixer consoles, audio systems, and computer tools for processing and streaming the signal. The work also included a study of modern standards for audio and video signal transmission. Special attention was devoted to technical calculations, in particular the assessment of cable lengths and types, their throughput, compliance with SDI and HDMI standards, as well as the required bitrate for signal transmission without quality loss. The work is based on the conditions of the author's local church and has practical significance for the implementation of similar systems in small communities.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....	7
ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ ПОТРЕБ ЦЕРКВИ В КОНТЕКСТІ ПРЯМИХ ЕТЕРІВ .....	10
1.1 Список вимог до системи прямих ефірів.....	10
1.2 Аналіз існуючих рішень у інших церквах .....	12
2 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ СИСТЕМИ ПРЯМОГО ЕФІРУ .....	18
2.1 Вимоги до відеообладнання.....	18
2.1.1 Різновиди відеокамер.....	18
2.1.2 Переваги використання відеомікшерів.....	22
2.1.3 Використання енкодеру для організації прямої трансляції.....	24
2.1.3 Повний шлях відеосигналу .....	27
2.2 Вимоги до аудіообладнання.....	28
2.3 Вимоги до комп'ютерних систем .....	30
3 ОБГРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕТЕРІВ .....	33
3.1 Відеообладнання .....	33
3.2 Комп'ютерна система .....	37
3.3 Аудіообладнання.....	40
3.4 Обрана система проведення прямого етеру .....	41
4 РОЗРАХУНОК СТАБІЛЬНОСТІ ТРАНСЛЯЦІЇ .....	44
4.1 Вибір найкращого способу передачі сигналу .....	44
4.2 Розрахунок обсягу даних та перевірка стабільності трансляції... ..	47
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	53
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	55

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

DSLR-камери – цифрові камери з дзеркальним механізмом, що дозволяє користувачам бачити через об'єктив те, що знімає камера (англ., Digital Single-Lens Reflex)

HDMI –стандарт для передачі цифрового аудіо- та відеосигналу через один кабель (англ., High-Definition Multimedia Interface)

TRS-кабелі –тип аудіокабелів, які мають три контактні з'єднання (англ., Tip-Ring-Sleeve)

XLR – тип роз'єму, який використовується для передачі аудіосигналів

## ВСТУП

На початку 2020 року, з початком пандемії COVID-19, більшість громадських та релігійних установ стикнулися з нагальною потребою змінити формат своєї діяльності. Багато країн запровадили карантинні обмеження, через які парафіяни фізично не могли відвідувати богослужіння. В цей момент технології відіграли вирішальну роль у продовженні життя церкви. Прямі ефіри стали основним засобом, завдяки якому релігійні громади могли продовжувати свої служби та спілкуватися з вірянами, залишаючись на зв'язку у цей важкий час.

Для великих церков, що мали більше ресурсів та доступ до якісного обладнання, перехід на онлайн-трансляції був простішим. Вони мали змогу інвестувати в сучасні камери, мікрофони та програмне забезпечення, щоб забезпечити високу якість трансляцій, яка дозволяла вірянам повністю відчувати атмосферу богослужінь навіть через екран. Деякі великі церкви вже мали досвід ведення прямих трансляцій та лише розширили цю діяльність, забезпечивши вірянам стабільний доступ до служби.

Маленькі церкви, навпаки, зіткнулися з серйозними викликами. Обмежені фінансові ресурси та відсутність необхідного обладнання ставили їх перед вибором: або знайти економні та адаптивні рішення для організації трансляцій, або залишити парафіян без можливості брати участь у службах на невизначений термін. У таких випадках багато церковних громад почали шукати бюджетні рішення: використовувати менш дорогі камери або навіть смартфони, використовувати безкоштовне програмне забезпечення для стрімінгу [1], як-от YouTube або Facebook Live, та шукати технічну підтримку серед самих парафіян.

Таким чином, пандемія стала своєрідним каталізатором розвитку технологій в релігійному середовищі. Вона стимулювала церкви незалежно від розмірів та ресурсів активно використовувати онлайн-інструменти, що, в свою чергу, спричинило попит на якісне, але водночас доступне обладнання для

трансляцій. Важливість правильно підбраного обладнання для забезпечення належної якості ефіру стала очевидною. У цьому контексті цей проєкт спрямований на потреби церков, щоб допомогти їм зробити оптимальний вибір для якісної організації прямих ефірів, з урахуванням як фінансових, так і технічних можливостей.

Прямі ефіри стали важливими не лише через обмеження, викликані пандемією, але й завдяки можливості залучати нових людей до церковної громади. Онлайн-трансляції дозволяють поширювати послання церкви значно ширшій аудиторії, включаючи тих, хто фізично не може бути присутнім, а також тих, хто лише цікавиться релігійним життям і хоче долучитися до нього дистанційно. Прямі ефіри створюють можливість збудувати зв'язок із новими вірянами, підтримувати зв'язок із тими, хто виїхав за кордон, і надавати відчуття участі у спільноті для всіх, незалежно від місця перебування. Така доступність та відкритість не тільки підсилюють роль церкви в житті громади, а й сприяють її зростанню.

# 1 АНАЛІЗ ПОТРЕБ ЦЕРКВИ В КОНТЕКСТІ ПРЯМИХ ЕФІРІВ

## 1.1 Список вимог до системи прямих ефірів

Кожна церква має свої унікальні потреби та обставини, які впливають на вимоги до організації прямих ефірів. Такі відмінності можуть бути пов'язані з місцем проведення богослужінь, адже не всі церкви мають власне приміщення. Деякі громади проводять служби у тимчасових або орендованих залах, що впливає на потребу в портативності обладнання та його легкості у налаштуванні. Кількість вірян також має значення: великі громади потребують більше технічного забезпечення, щоб належним чином передати всі аспекти служби та забезпечити комфортний перегляд для широкої аудиторії. Важливим аспектом є наявність музичного супроводу. У деяких церквах музичний супровід є важливою частиною богослужіння, що вимагає відповідного звукового обладнання. В інших громадах музика може не використовуватися, що знижує потребу у комплексному звуковому забезпеченні. Тому специфіка обрядів та традицій впливає на вимоги до обладнання. Кожна церква має свої унікальні релігійні традиції, які можуть потребувати певного розташування камер, освітлення чи навіть спеціальних звукових ефектів, щоб краще передати атмосферу богослужіння.

Ці фактори спричиняють значні відмінності у вимогах до технічного обладнання. Однак, узагальнюючи потреби церков, можна скласти універсальний список вимог до системи прямих ефірів, який включає звукове обладнання, камери та комп'ютерні систем для трансляції.

Звукове обладнання є надзвичайно важливим для сприйняття служби, адже основні моменти богослужіння проходять у формі прославлення (за наявності), молитви та проповіді. Необхідно забезпечити якісне звучання, щоб віряни могли чітко чути проповіді, співи та музику. Тут важливі налаштування мікрофонів та мінімізація фонових шумів. У залежності від розмірів простору, де відбувається служба, і від кількості людей, використовуються різні типи

мікрофонів, як-от настільні, петличні або ручні. Якщо під час служби використовуються кілька звукових джерел, наприклад, голос проповідника, музиканти чи хор, необхідно використовувати мікшерний пульти [2], який дозволяє об'єднувати ці сигнали, регулювати їх гучність та підтримувати високу якість звуку. Це особливо важливо для трансляції, адже будь-які фонові шуми можуть знижувати якість передачі та заважати глядачам зосередитися на богослужінні.

Для відеозйомки церкви потребують надійних камер, які забезпечать якість відео, що дозволить парафіянам бачити всі деталі служби, це важливо для створення відчуття присутності. Кількість та тип відеокамер залежать від розміру приміщення, необхідності знімати з кількох ракурсів.

У невеликих церквах може бути достатньо однієї чи двох камер, тоді як більші громади можуть потребувати кілька камер із різним розташуванням для повного охоплення простору. Для зйомки з кількох камер необхідне обладнання, яке дозволяє перемикати джерела відео в режимі реального часу, забезпечуючи при цьому динамічну та якісну подачу зображення, а саме відеомікшери.

Освітлення також відіграє значну роль у забезпеченні чіткості та насиченості зображення, особливо в приміщеннях із недостатнім природним освітленням, що потребує додаткових джерел світла. Комп'ютерні системи є незамінними для обробки та передачі інформації. Потужні комп'ютери здатні обробляти відео- та аудіосигнали, підтримуючи багатозадачність та дозволяючи, за потреби, додавати текстові або графічні елементи. Програмне забезпечення для потокової трансляції, таке як OBS Studio або vMix, дозволяє налаштовувати якість зображення, створювати сцени з кількома камерами та додавати графічні елементи для створення професійної трансляції.

Для архівування записів служб потрібні системи зберігання, що дають змогу парафіянам переглядати записи у зручний час та забезпечують доступ до служб для тих, хто не зміг приєднатися онлайн.

Тому одним із найважливіших компонентів успішного проведення

прямих ефірів є стабільне та потужне інтернет-з'єднання. Без надійного зв'язку навіть найякісніше обладнання не зможе забезпечити глядачам належної якості трансляції, оскільки переривання зв'язку або низька швидкість інтернету можуть спричинити затримки, розмиття зображення або навіть повний зрив трансляції.

Для забезпечення стабільної трансляції рекомендується використовувати інтернет-з'єднання бажано з мінімальною швидкістю не менше 10-20 Мбіт/с. Більшість церков також використовує дротове з'єднання, яке є більш надійним порівняно з Wi-Fi, особливо у місцях із великою кількістю одночасних користувачів.

Організація якісного прямого ефіру вимагає залучення підготовленого персоналу, оскільки кожна складова трансляції потребує контролю та управління. Для звукового забезпечення зазвичай потрібна одна-дві особи: звукооператор, який керує мікшерним пультом та налаштовує рівні звуку мікрофонів та інструментів, а також асистент для налаштування мікрофонів перед службою або під час виступів. Відеокманда може складатися з одного або кількох операторів камер залежно від кількості камер, що використовуються, а також відеоінженера, який контролює відеомікшер, змінюючи ракурси під час трансляції. Комп'ютерна підтримка вимагає присутності оператора трансляції, який контролює комп'ютерне обладнання, програмне забезпечення, слідкує за стабільністю сигналу та в разі потреби вносить корективи в налаштування програми для стрімінгу. Інколи для стабільної роботи ефіру додають технічного асистента, який підтримує злагоджену роботу всієї команди та оперативно вирішує технічні проблеми.

## 1.2 Аналіз існуючих рішень у інших церквах

Для аналізу було обрано церкву в місті Тернівка, яка регулярно проводить прямі ефіри своїх богослужінь. Основним технічним обладнанням, що використовується для трансляцій, є персональний комп'ютер (ПК) на базі

операційної системи Windows 10, який працює із програмним забезпеченням VMix для керування стрімом. Використання ліцензійного VMix забезпечує стабільність передачі сигналу та дає змогу комбінувати різні джерела сигналів в ефірі.

Основний комп'ютер, оснащений процесором Intel Core i7-13700, який забезпечує високу продуктивність завдяки своїм 16 ядрам, оптимізованим для обробки мультимедійних потоків у реальному часі. Комп'ютер має 32 ГБ оперативної пам'яті DDR4 із частотою 3200 МГц, що дозволяє безперебійно працювати з кількома джерелами відео та аудіо, а також виконувати складні завдання зі змішування сигналів. Для обробки відеосигналу використовується відеокарта ASUS Radeon RX 7600, що дозволяє бачити та обробляти якісну картинку під час ведення трансляції. Накопичувач об'ємом 1 ТБ на базі NVMe SSD забезпечує швидкий доступ до файлів та стабільність роботи, а також підходить для зберігання великих відеофайлів.

Церква має дві відеокамери, встановлені для охоплення різних кутів зали. Перша відеокамера, Sony HXR-NX5R, розташована в центрі залу та підключена до головного комп'ютера через HDMI-інтерфейс. Сигнал із камери проходить через конвертор Blackmagic Teranex Mini, що дозволяє трансформувати сигнал для передачі через Ethernet. Цей сигнал передається на другий поверх до студії, де конвертер знову переводить його в HDMI для подачі в мікшерний пульт АТЕМ Mini, звідки сигнал передається на головний ПК для інтеграції в прямий ефір. Друга відеокамера Panasonic AG-UH90 розташована праворуч від сцени. Вона використовується оператором для зйомки динамічних кадрів та забезпечує різноманіття візуального контенту. Камера передає сигнал через бездротовий відеосендер Hollyland Mars 300 Pro Enhanced, що дозволяє уникнути проводів та зберігати мобільність оператора. База відеосендера встановлена у студії на другому поверсі та підключена до того ж мікшерного пульта АТЕМ Mini.

Для комунікації між операторами та режисером монтажу використовується платформа Discord, де учасники роблять спільний дзвінок.

Це дозволяє медіа-команді оперативно обговорювати задачі під час трансляції. Кожен оператор використовує свої навушники для забезпечення надійного зв'язку з режисером.

Основним елементом аудіосистеми є мікшерний пульт ALTO PROFESSIONAL LIVE1202, який обробляє звуковий сигнал від мікрофонів та музичних інструментів. Аудіосигнал передається на центральну камеру через XLR-кабель, що поєднує його з відеосигналом. Далі цей комбінований аудіо-відеосигнал проходить через конвертери HDMI-Ethernet-HDMI для передачі на віддалений мікшерний пульт на другому поверсі, де він інтегрується в прямий ефір та в Vmix обирається функція використання звуку з основної камери. На рисунку 1.1 зображено схему розміщення обладнання в приміщенні церкви.

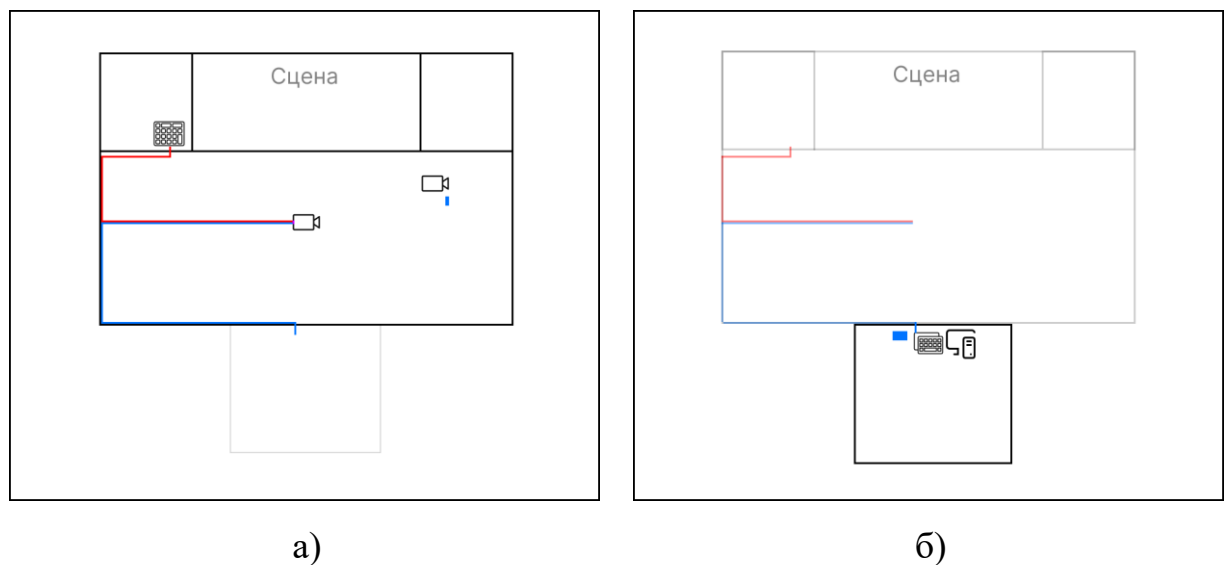


Рисунок 1.1 – Розташування обладнання в місті Тернівка: а) на першому поверсі; б) на другому поверсі

Другим об'єктом аналізу обрано церкву в місті Першотравенськ, яка вже декілька років активно займається створенням музичного контенту та веденням прямих етерів служінь. Прямі ефіри запускаються через основний ПК на операційній системі Windows 10 використовуючи два види ліцензійного програмного забезпечення VMix, для запуску на платформі YouTube, та OBS,

для платформи Facebook. Даний ПК працює на Intel Core i7-13700 із 16 ядрами, 32 Гб оперативної пам'яті DDR4 із частотою 3200 МГц. Для обробки відеосигналу використовується відеокарта Radeon RX 5700 XT.

Друге ПК використовується для монтажу кадрів під час прямого ефіру. Працює на Intel Core i7-13700 із 16 ядрами, 32 Гб оперативної пам'яті DDR4 із частотою 3200 МГц. Для обробки відеосигналу використовується відеокарта NVIDIA GeForce RTX 3060 з 12 Гб пам'яті та професійна плата захоплення відео DeckLink 8K Pro G2.

Медіа команда оперує трьома відеокамерами, які знаходяться на трьох різних позиціях. Під час прославлення та музичної частини служіння, одну камеру оператор використовує для динамічної зйомки з рук. Для передачі аудіо- та відеосигналів із статичних камер використовується послідовний інтерфейс цифрового компонента SDI, який прокладений через підлогу зали, захищений кабельними трапами, до другого поверху, де знаходяться робочі ПК. Церква має 3 камери: Blackmagic Design URSA Broadcast Camera, Blackmagic Design URSA Broadcast G2 та фотоапарат Panasonic DMC-G7+14-42mm.

Аудіосигнали з мікшерного пульта надходять зі звукового мікшерного пульта через провода XLR до центральної статичної камери. Потім цей сигнал так само передається через інтерфейс SDI до мікшерного пульта. Мікшерний пульт представляє з себе продукцію від BlackMagik, а саме АТЕМ Mini, який призначений для захвату сигналів з чотирьох пристроїв. Відеомікшер під'єднаний до ПК, на якому режисер монтажу в програмному забезпеченні АТЕМ Soft Control обирає кадри, які будуть з'являться в прямому ефірі. Сигнал "Program" передається до головного ПК у програмне забезпечення VMix, де вже додається до прямого етеру. Для стабільного з'єднання замість Wi-Fi використовується дротове підключення Ethernet від роутеру, який знаходиться в зоні робочих ПК. Середнє значення швидкості інтернету для вивантаження інформації становить 80 Мбіт/с. Для комунікації між операторами та режисером монтажу також використовується платформа

Telegram, де учасники роблять спільний дзвінок. Кожен оператор використовує свої навушники. На рисунку 1.2 наведено схематичне розміщення обладнання в приміщенні церкви. Для порівняння інформацію зведено в таблицю 1.1, щоб наглядно побачити різницю між обраними церквами.

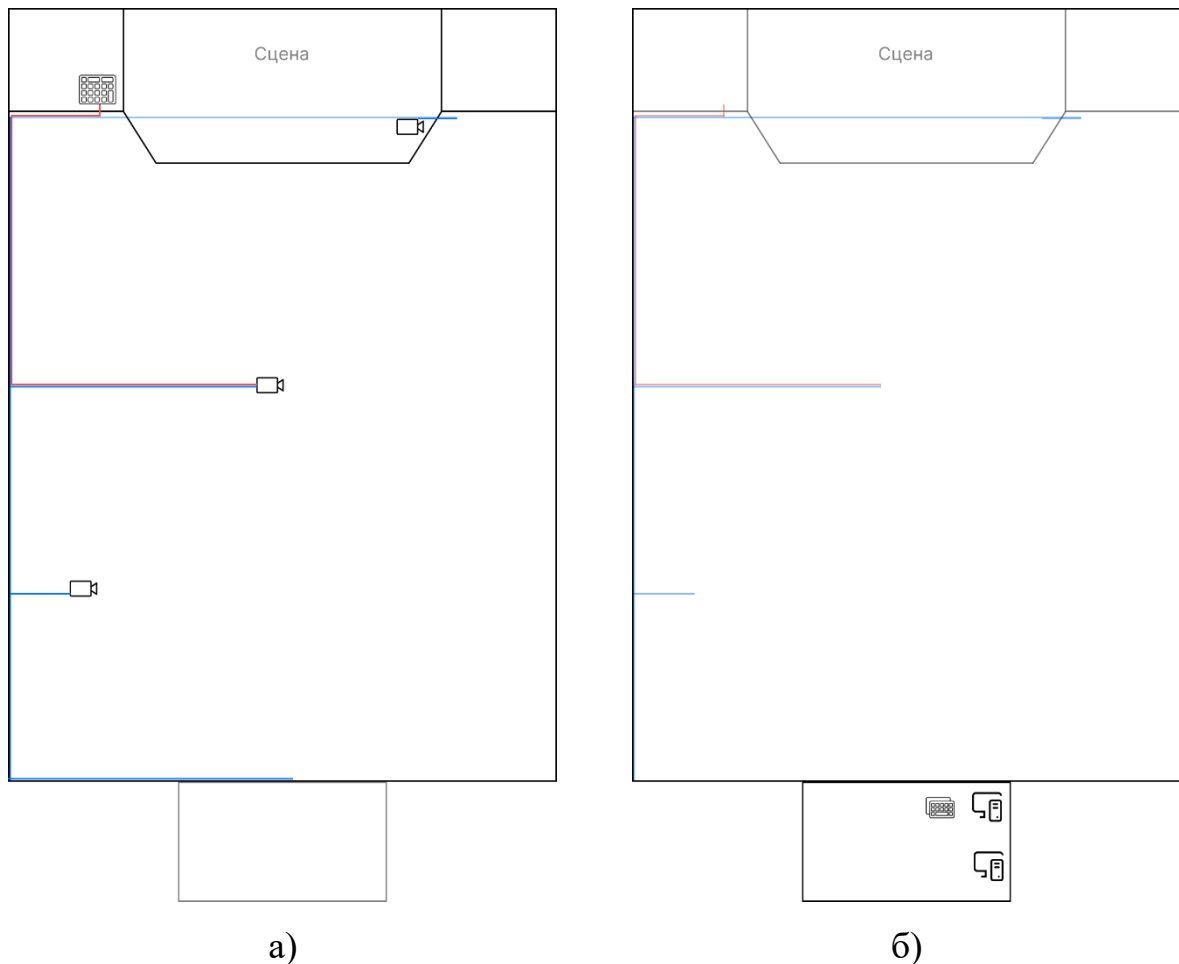


Рисунок 1.2 – Розташування обладнання в церкві у м.Першотравенськ:  
а) на першому поверсі; б) на другому поверсі

Аналіз інформації доводить, що не дивлячись на різноманітність обладнання, проведення етерів виходить на достатньо якісному рівні. Церква у м. Першотравенськ значно більше займається сферою медіа, тому здається більш розвинутою в виборі обладнанні, але на прикладі церкви в м. Тернівка зрозуміло, що навіть маленькі церкви можуть робити якісний контент.

Таблиця 1.1 – Порівняння обладнання в двох церквах

Відео- тааудіообладнання	Церква у м. Тернівка	Церква у м. Першотравенськ
Головна камера	Sony HXR-NX5R	Blackmagic Design URSA Broadcast G2
Друга камера	Panasonic AG-UX90	Blackmagic Design URSA Broadcast Camera
Третя камера	-	Panasonic DMC-G7
Процесор головного комп'ютеру	Intel Core i7-13700	Intel Core i5-12600K
Відеокарта	ASUS Radeon RX 7600	NVIDIA GeForce RTX 3060
Операційна система	Windows 10	Windows 10

## 2 ОСНОВНІ СКЛАДОВІ СИСТЕМИ ПРЯМОГО ЕФІРУ

Успішне проведення прямих ефірів значною мірою залежить від належної організації технічної системи, яка забезпечує якісну передачу зображення та звуку. Система прямого ефіру складається з кількох ключових складових, кожна з яких виконує важливу функцію: від захоплення відео й аудіо до їхньої обробки, передачі та трансляції на онлайн-платформи. Узгоджена робота цих компонентів дозволяє забезпечити стабільну трансляцію, уникнути технічних збоїв та створити комфортні умови для перегляду аудиторією. Вибір конкретного обладнання та програмного забезпечення залежить від технічних вимог, розміру приміщення, доступного бюджету та рівня підготовки медіа-команди.

### 2.1 Вимоги до відеообладнання

#### 2.1.1 Різновиди відеокамер

Візуальні ефекти складають основну частину будь-якого прямого ефіру, тому дуже важливо забезпечити правильну якість та роздільну здатність відео. Правильно підібрана камера гарантує, що ті, хто підключаються до церковної трансляції, отримають приємні враження та зможуть зручно стежити за богослужінням та брати в ньому участь [2].

Перш ніж обрати камеру для покращення якості відео в реальному часі, слід звернути увагу на кілька ключових аспектів. Якість зображення має бути пріоритетом, адже мета камери для прямих трансляцій – створювати контент, що вражає аудиторію. Рекомендується обирати пристрої з роздільною здатністю щонайменше 1080p для чіткого зображення.

Частота кадрів відіграє важливу роль для тих, хто хоче транслювати динамічні сцени. Камера з частотою 60 кадрів на секунду забезпечить плавну передачу швидких рухів, що важливо для якісного контенту.

Чистий HDMI-вихід є ще одним важливим фактором, який дозволяє транслювати зображення без зайвих елементів інтерфейсу, таких як індикатор заряду чи рядок стану, що забезпечує професійний вигляд відео. Тривалі трансляції вимагають постійного живлення, тому камера з можливістю зарядки від мережі змінного струму буде незамінною, дозволяючи уникнути переривання через розрядження батареї.

Камера, яка добре працює в умовах низької освітленості, забезпечить якісне зображення навіть за відсутності ідеального освітлення. Це особливо важливо для стрімерів, які знімають у різних умовах. Оптичний зум дозволяє зручно масштабувати зображення без втрати якості, що додає професійності та спрощує роботу з камерою [3].

На даний час на ринку присутнє наступне різноманіття камер:

- Broadcast Video Cameras;
- Camcorders;
- Digital Cinema Cameras;
- DSLR-Style Stills Cameras;
- Mirrorless Cameras.

Кожен вид має своє призначення, і хоча досвідчені майстри іноді можуть адаптувати один інструмент для виконання кількох задач, жоден із них не є "кращим" сам по собі. Найважливіше – обрати правильний інструмент для конкретної роботи.

Одним із найпоширеніших типів відеокамер, які церкви використовують протягом останніх 40 років, є камери в стилі трансляційного мовлення. Розроблені для тривалої експлуатації, вони надійні та використовуються для стаціонарних інсталяцій, таких як IMAG чи студійні налаштування. Ці камери оснащені складними моторизованими об'єктивами, що забезпечують точний контроль над зумом, фокусуванням та діафрагмою. Також вони мають розширені можливості підключення для дистанційного управління та налаштування. Хоча трансляційні камери ідеально підходять для таких задач, як IMAG, вони зазвичай важкі й не такі портативні, як інші типи відеокамер.

Вони оснащені меншими сенсорами, що полегшує точне фокусування на великій відстані, але не дозволяє отримувати кінематографічні зображення, як у камерах, створених для фільмування. До того ж, повні комплекти трансляційних камер з усіма додатковими системами часто є найдорожчими. Зазвичай церкви купують такі камери як частину великого оновлення або встановлення системи.

Ще одним поширеним типом відеокамер, які часто використовуються в церквах, є камкордери. Їх відмінною рисою є компактна конструкція, яка поєднує сенсор, відеореєстратор, аудіореєстратор, об'єктив та управління об'єктивом в одному пристрої. Камкордери прості у використанні, дуже міцні та портативні, що робить їх популярними серед відеографів, які знімають у режимі "зняв та пішов". Сучасні камкордери стають дедалі меншими за розміром, додаючи нові потужні функції, включно з можливістю трансляції відео в реальному часі через мобільну точку доступу.

Попри всі переваги, камкордери зазвичай мають менші сенсори, через що зображення виглядає менш кінематографічним і більше схожим на типове відео. До того ж вони менш ефективні в умовах слабкого освітлення. А їхня монолітна конструкція означає, що немає можливості оновлення чи покращення основних функцій. Проте камкордери залишаються гарним вибором для церков, особливо для команд-початківців у сфері комунікацій та відеовиробництва.

На відміну від трансляційних камер та камкордерів, цифрові кінокамери, розроблені спеціально для кінематографічного виробництва, наразі змінюють підхід до церковних медіа. Їхня головна мета – створювати максимально "кіношні" зображення. Завдяки великим сенсорам кінокамери дозволяють знімати відео з надзвичайно малою глибиною різкості. Такі камери підтримують широкий спектр спеціалізованих об'єктивів та мають кольорові профілі та кодеки, які дозволяють значно коригувати матеріал на етапі постпродакшну. Основною складністю у використанні цифрових кінокамер є їхня модульна конструкція, що потребує додаткового обладнання для

повноцінної роботи. Хоча деякі моделі є портативними, вони зазвичай не такі зручні для швидкої зйомки, як камкордери. Незважаючи на це, якщо церква шукає найкращий варіант для створення історій та фільмування, цифрові кінокамери майже завжди будуть правильним вибором [4].

Сучасні DSLR-камери в основному створені для зйомки чудових фотографій, проте більшість із них також можуть знімати якісне відео. Камери Digital Single-Lens Reflex (DSLR) використовують систему дзеркала та призми для відбивання світла від об'єктива в оптичний видошукач. Вони універсальні, перевагою за якість зображення та ручне керування. Як і цифрові кінокамери, вони мають великі сенсори, що дозволяють створювати гарні відеоматеріали. До того ж, DSLR-камери можуть бути доступними за ціною, що є перевагою для команд з обмеженим бюджетом.

Втім, їхня орієнтованість на фотографію створює певні обмеження у відеозйомці, наприклад, короткий час запису та відсутність якісного аудіо. Крім того, їх невеликі розміри можуть вимагати додаткової стабілізації під час зйомки. Попри ці недоліки, DSLR-камери є відмінним вибором для команд, які потребують як фотографій, так і відео за помірну ціну.

Бездзеркальні камери не мають оптичного видошукача чи дзеркальної системи, як у дзеркальних фотоапаратів. Це означає, що вони компактніші, пропонують змінні об'єктиви та часто використовують електронні видошукачі (EVF). Вони особливо відомі своєю мобільністю та розширеними функціями. Але ціновий діапазон значно вищий. DSLR-камери та бездзеркальні камери (mirrorless camera) є найменшими й найпортативнішими серед усіх типів, що робить їх ідеальними для використання в ситуаціях, коли інші відеокамери є непрактичними чи небажаними [5].

Ідеальної універсальної камери не існує, оскільки потреби різних сфер служб занадто різноманітні. Щоб зробити вибір, потрібно визначити, скільки годин на місяць камера буде використовуватись для кожної задачі, і обрати ту, яка найкраще відповідає ключовій функції. Для початку краще за все розглянути камкордер із XLR-аудіовходами. це універсальний варіант для

запису проповідей, трансляцій, зйомки подій та створення базових історій. Найголовніше, він простий у використанні й допоможе уникнути багатьох помилок на початковому етапі [6].

### 2.1.2 Переваги використання відеомікшерів

Коли розмова буде йти про кількість камер більше, ніж одна, треба розглядати так звані відеомікшери або світчери. Якщо транслювати подію в прямому ефірі з кількома камерами, наявність світчера буде суттєвою.

Відеоперемикач (або відеомікшер) – це пристрій або програмне забезпечення, яке обирає між кількома вхідними відеосигналами з різних джерел (камера, канали з програм тощо) і спрямовує один із цих сигналів на один вихід, зокрема на пристрій потокової передачі, відеозаписувач або пристрій відображення (тобто монітор або екран). Режисер монтажу зазвичай керує світчером, аналізуючи різні вхідні ракурси камери та вибираючи найкращий вид для виведення.

Перемикачі відео також можуть мати додаткові функції, наприклад вбудовані ефекти, переходи та функцію «картинка в картинці», що може підвищити продуктивність ваших відео [7].

На даний час найкращим на ринку вважається Blackmagic ATEM Mini Pro. Пристрій підтримує стрімінговий протокол SRT, що забезпечує низьку затримку сигналу та високий рівень захищеності інформації.

ATEM Mini є автономним рішенням і має компактну передню панель, з якою легко працювати. Тут розташовані зручні кнопки для вибору джерел, різних переходів і ефектів, а також мікшування звукової доріжки. Моделі ATEM Mini додатково дозволяють керувати записом та онлайн-трансляцією, виводити окремий потік, програмний сигнал або зображення в режимі багатовіконного моніторингу. Ззаду знаходяться HDMI-роз'єми для підключення камер, комп'ютерів та ігрових приставок, входи для мікрофонів, основний (USB) та допоміжний (HDMI) виходи.

ATEM Mini Pro дозволяє вести стрімінг апаратним способом та записувати контент на USB-диски, має чотири HDMI-входи, USB-вихід, звуковий блок, DVE в 2D, переходи, функцію кеїнгу з використанням зеленого фону та внутрішню бібліотеку на 20 статичних зображень. Жоден інший відеомікшер не відрізняється такою винятковою простотою в роботі, тому що для вибору одного з джерел достатньо натиснути кнопку з відповідним номером. Зміну зображення можна виконувати звичайним переключенням (CUT) або з використанням різних переходів (AUTO), серед яких є не лише звичне розчинення, але й занурення в колір, цифрові ефекти із заміщенням і стисненням. Крім того, пристрій дозволяє створювати картинку в картинці (за рахунок наявності процесора DVE) із заданим положенням та фоном, а медіаплеєри забезпечують зберігання титрів та графіки при завантаженні за допомогою програмної панелі керування.

ATEM Mini дозволяє вести трансляцію апаратним способом через порт Ethernet без використання комп'ютера. Щоб розпочати показ на YouTube, Facebook або Twitch, достатньо обрати платформу із сервером та ввести ключ. Задати налаштування відеомікшера дуже просто, а зображення без пропущених кадрів матиме вищу якість. Додаток ATEM Software Control містить вкладки для контролю стрімінгу, стан якого також виводиться в режимі багатовіконного моніторингу. Значення Мбіт/с показує швидкість передачі, необхідну для поточного відеоформату. Якщо потрібно додати інші сервіси, можна змінити відповідні налаштування в XML-файлі.

При стрімінгу з точки за межами студії або для створення резервної лінії на додаток до основного Ethernet-каналу можна використовувати 5G- або 4G-смартфон на платформі Apple або Android. Телефон, підключений через порт USB, буде виявлено автоматично, а відеомікшер ATEM Mini забезпечить його живлення. У цьому випадку сигнал передається через мережу, причому налаштування з'єднання змінювати не потрібно. Отже, відеомікшери ATEM Mini стають ідеальними рішеннями для трансляції в мобільних умовах.

Кожен із HDMI-входів підтримує конвертування. Завдяки цьому

перетворення матеріалу у форматах 1080p, 1080i та 720p виконується автоматично згідно із заданим на відеомікшері налаштуванням. За замовчуванням використовується один із стандартів, однак його в будь-який момент легко змінити. Вихід HDMI забезпечує режим багатовіконного моніторингу, який дозволяє виводити на один дисплей усі джерела, програмний сигнал, зображення попереднього перегляду та стан стрімінгу, але також дозволяє виводити кожен з окремих потоків із чистим переключенням [8]. На рисунку 2.1 наведено відеомікшер Blackmagic ATEM Mini Pro.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд Blackmagic ATEM Mini Pro

### 2.1.3 Використання енкодера для організації прямої трансляції

Найважливішим обладнанням у системі проведення прямих трансляцій є камера. А от другою за важливістю частиною є енкодер, який визначатиме найкращу якість та стійкість прямої трансляції. Відеокодери приймають вхідний сигнал, як-от HDMI, SDI, IP-відео чи інший формат, і кодують його в стиснений цифровий формат, наприклад H.264 або H.265, для передачі та зберігання якого потрібна менша пропускна здатність, тобто у формат, придатний для поточкових онлайн-платформ.

Загалом, відеокодер необхідний для забезпечення високоякісної

безперебійної прямої трансляції. Незалежно від того, чи транслюється служіння на одній платформі чи на кількох, кодери допомагають гарантувати, що повідомлення досягне «пастви» без буферизації, збоїв у відео чи переривання потоків. Хороший кодер важливий, тому що він надає стабільність потоку. Кодери оптимізують відеопотік, тому він відтворюється плавно навіть при повільному підключенні до Інтернету, зменшуючи буферизацію та переривання. Якісний кодер зберігає чіткість вашого відео, тож ваш потік залишається чітким і легким для перегляду навіть на нижчих бітрейтах. Також вони дозволяють транслювати на кількох платформах одночасно, таких як YouTube, Facebook Live або веб-сайт церкви, без будь-яких додаткових зусиль. І програмні кодери часто пропонують розширені параметри, такі як налаштування бітрейтів, роздільної здатності та якості звуку, щоб допомогти точно налаштувати потік відповідно до потреб церкви [9].

Існує два різні види кодерів: програмне забезпечення, дешевший варіант, в даному випадку робота покладається на поточний комп'ютер, або апаратне забезпечення, яке є автономним пристроєм із винятковим фокусом на кодуванні відео. Тобто, на сьогодні існує дві великі групи енкодерів: програмні та апаратні.

Програмні кодери включають багато популярних опцій, як-от ProPresenter, Wirecast або VMix. Вони також містять багато вбудованих функцій, як-от можливість перемикатися між кількома джерелами відео, додавати накладений текст та графіку тощо. Оскільки тут використовується обладнання, яке вже є, це очевидна відправна точка для тих, хто хоче почати транслювати відео. Програми-кодери, які працюють на стандартному комп'ютерному обладнанні, використовують ЦП для стиснення. Цей тип енкодерів використовуються для базової потокової передачі, але їм не вистачає продуктивності та функцій апаратних кодерів. Вибір програмного кодера може спричинити несподівані проблеми та витрати. Програмні кодери залежать від обчислювальної потужності комп'ютера, зазвичай потребують

потужного процесора та графічного процесора для обробки кількох вхідних даних та стиснення в різні бітрейти. Оскільки вони працюють в операційній системі комп'ютера, жонглювання кількома завданнями з іншими програмами може зробити стабільність невизначеною, що призведе до перебоїв або зниження якості. Крім того, надання підтримки для програмних кодерів може бути складним через різноманітність конфігурацій та потужностей обробки, на яких вони працюють.

Натомість програмні енкодери приваблюють низькою стартовою вартістю. Багато з них є безкоштовними або відносно недорогими, що дозволяє швидко розгорнути систему трансляції навіть за мінімальних ресурсів [10].

Апаратні пристрої кодування, створені спеціально для трансляції відео, це пристрої зі спеціальними чіпами стиснення для обробки потокових та широкомовних програм великого обсягу. Ці спеціалізовані кодери вирізняються продуктивністю потокової передачі, зосереджуючись виключно на поточній задачі, уникаючи перерв у багатозадачності. Цей оптимізований підхід забезпечує безперебійну потокову передачу без збоїв, таких як пропуск або втрата пакетів, забезпечуючи якість відео та звуку найвищого рівня.

Підтримка апаратних кодерів також зазвичай є простішою (залежно від постачальника), оскільки вони створені в одній конфігурації, яку можна легко діагностувати у разі виникнення проблеми. Даний тип кодерів розроблено як стаціонарні кодери або портативні кодери для польового використання. Крім того, користувачі таких рішень, як правило, отримують професійну технічну підтримку від виробників, що полегшує обслуговування та впровадження системи в експлуатацію. Основним недоліком апаратних енкодерів є їхня висока вартість, що може бути критичним фактором для невеликих організацій або релігійних спільнот з обмеженим бюджетом [11].

Таким чином, вибір між апаратним та програмним енкодером залежить передусім від технічних вимог трансляції, бюджету проекту та рівня доступності підтримки. У випадках, коли потрібна максимальна стабільність і

якість, доцільно використовувати апаратне рішення. Якщо ж ідеться про невеликі проєкти або тимчасові трансляції, програмні енкодери можуть стати ефективною та доступною альтернативою.

### 2.1.3 Повний шлях відеосигналу

Відеосигнал, отриманий з камер, проходить послідовний ланцюг технічних етапів, перш ніж потрапити до кінцевого глядача на одній із стрімінгових платформ. Відеокамери формують цифровий відеосигнал у високій роздільній здатності. Передають сигнал через інтерфейс SDI (Serial Digital Interface), або через HDMI (High-Definition Multimedia Interface) – більш поширений побутовий стандарт, який також підтримує передачу відео у високій якості, хоча й обмежений коротшими дистанціями та чутливістю до перешкод.

Сигнал надходить до відеомікшера, де виконується обробка сигналу в режимі реального часу. Мікшер дозволяє оператору перемикатися між камерами, накладати графічні елементи, титри, регулювати яскравість, контраст, баланс білого та виконувати інші базові корекції. З відеомікшера оброблений сигнал знову передається через SDI або HDMI-інтерфейс – цього разу вже до пристрою кодування (енкодера).

Енкодер виконує надзвичайно важливу функцію – перетворення "сирого" відеосигналу у формат, придатний для передавання через інтернет. Він кодує відеопотік у стиснений формат H.264 (AVC) або H.265 (HEVC), залежно від технічних вимог, пропускної здатності мережі та підтримки з боку платформ. Формат H.264 є найбільш розповсюдженим завдяки поєднанню високої якості з помірною компресією, у той час як H.265 забезпечує ще вищу ефективність стиснення, що особливо корисно при трансляціях у 4K або при обмеженому каналі зв'язку.

Після кодування відеопотік передається до стрімінгових платформ за допомогою протоколу RTMP (Real-Time Messaging Protocol). Програмне

забезпечення для трансляції, встановлене на енкодері або окремому комп'ютері (наприклад, OBS Studio, vMix чи Wirecast), дозволяє налаштувати окремі потоки для кожної платформи: YouTube, Facebook та офіційного сайту церкви. Для цього вказуються індивідуальні RTMP-адреси серверів та унікальні ключі трансляцій, які генеруються в облікових записах відповідних сервісів.

Коли трансляція запускається, закодований відеопотік надходить на сервери стрімінгових платформ, де він обробляється, масштабуються у декілька варіантів якості (адаптивне потокове відео) та доставляється до кінцевих глядачів. Глядачі можуть переглядати трансляцію у реальному часі на різноманітних пристроях: смартфонах, планшетах, ноутбуках чи телевізорах незалежно від платформи, яку вони використовують. Таким чином, завдяки послідовному ланцюгу від камер через SDI/HDMI, відеомікшер, енкодер, RTMP-потік та стрімінгову платформу відеосигнал проходить повний цикл обробки, кодування та доставки, зберігаючи стабільну якість і синхронізацію для глядачів у режимі реального часу.

## 2.2 Вимоги до аудіообладнання

Хороший звук так само важливий, як і зображення: обладнання може створити або зруйнувати церковну трансляцію в прямому ефірі. Вибір найкращих мікрофонів та мікшерних пультів для церкви буде залежати від кількох факторів, таких як розмір церкви та тип звуку, який потрібно записати.

XLR (External Line Return) – це стандарт з'єднувачів, який широко використовується для передачі аудіосигналу, особливо в професійному обладнанні, такому як мікрофони, мікшерні пульти та підсилювачі. Найпоширенішими є триконтактні XLR-роз'єми, хоча існують також варіанти з більшим числом контактів для спеціальних застосувань. Таке з'єднання допомагає зменшити шуми, які можуть виникати через електромагнітні або радіочастотні перешкоди. Це особливо важливо в умовах, де кабелі

прокладаються поруч з іншими електричними дротами. Також більшість мікшерних пультів, підсилювачів, акустичних систем та професійних мікрофонів оснащені XLR-входами та виходами, що робить їх універсальними в аудіоіндустрії.

Аудіообладнання для трансляції повинно забезпечувати високу якість звуку, мінімізувати шуми та спотворення, а також бути сумісним з іншими пристроями, такими як камери та комп'ютери. Перш за все, важливо, щоб мікрофони мали високу чутливість та широкий динамічний діапазон, щоб забезпечити чітке відтворення голосу та музики. Конденсаторні мікрофони часто є найкращим вибором для церковних трансляцій через їхню здатність вловлювати тонкі нюанси звуку, але вони вимагають якісного фантомного живлення від мікшерного пульта.

Мікшерний пульт є центральним елементом аудіосистеми. Для трансляції важливо, щоб пульт підтримував багатоканальний запис та мав можливість підключення до комп'ютера через USB або мережні інтерфейси, такі як Dante чи MADI, що дозволяє створювати окремі мікси для ефіру, незалежно від FON (міксу для залу). Важливими функціями мікшера є вбудовані компресори, еквалайзери, шумозаглушувачі та можливість роботи з ефектами, такими як реверберація чи затримка, які додають глибини звучанню.

Аудіосигнал для трансляції має бути сумісним з відеообладнанням. Багато камер мають XLR- або 3.5-мм аудіовходи, тому важливо обирати мікшерний пульт, який може передавати сигнал через відповідні виходи. Якщо камери підтримують лише 3.5-мм стереовхід, потрібен адаптер, який забезпечує збереження якості звуку. Деякі сучасні камери також мають можливість отримувати аудіосигнал через HDMI, що дозволяє інтегрувати звук безпосередньо з відеосигналом. Для передачі аудіосигналу використовуються різні типи кабелів, залежно від обладнання та необхідної якості. Балансовані XLR-кабелі є найкращим вибором, оскільки вони мінімізують шуми та перешкоди, особливо на великих відстанях. TRS-кабелі

(6.35 мм або 3.5 мм) також можуть бути використані, якщо потрібна менш складна система. Для цифрової передачі сигналу ідеально підходять кабелі AES/EBU, які підтримують високу якість та стійкість до перешкод. Якщо використовується Dante або інша мережа цифрового аудіо, варто обрати Ethernet-кабелі категорії Cat5e або Cat6 для надійного з'єднання.

Для потокових трансляцій важливо, щоб мікшерний пульти мав сумісність із програмним забезпеченням для стрімінгу, таким як OBS, vMix чи Wirecast. Це забезпечується завдяки USB-, FireWire- або Thunderbolt-з'єднанню, яке дозволяє передавати багатоканальний аудіосигнал до комп'ютера. Важливо також слідкувати за рівнем сигналу, щоб уникнути перевантаження або надто низького рівня звуку. Таким чином, при виборі аудіообладнання потрібно звертати увагу на його технічні характеристики, сумісність із іншими пристроями та надійність кабельної передачі сигналу. Від правильного налаштування та підбору техніки залежить якість звуку, яка є важливою для успішних трансляцій.

### 2.3 Вимоги до комп'ютерних систем

Кожен стрім потребує кількох базових речей: відеоджерела, пристрою захоплення, енкодера, інтернет-з'єднання з достатньою швидкістю завантаження та хостингу/мережі доставки контенту (CDN). Ці компоненти можуть бути об'єднані в один пристрій. Наприклад, камера смартфона (відеоджерело) захоплює відео (пристрій захоплення), передає його в застосунок (який виконує кодування) і через мобільний інтернет надсилає на YouTube, Facebook, IGTV чи іншу платформу.

Коли це все інтегровано в одному пристрої, здається, що це єдине ціле. Наприклад, людина тримає телефон, і відео з'являється на Facebook. Але насправді це кілька етапів, які працюють у фоні. Незалежно від того, чи транслюється відео в Instagram, чи організована складна трансляція з кількома камерами, які перемикаються перед захопленням та кодуванням, це все одне й

те саме. Різниця лише в кількості обладнання та рівні контролю.

Онлайн-спільноти сповнені порад щодо вибору комп'ютера, плати захоплення та програмного забезпечення, але часто вони ігнорують можливість використання спеціалізованого апаратного енкодера. Технології завжди вимагають балансу між потужністю та легкістю використання. Деякі енкодери мають простий інтерфейс із кнопкою для початку трансляції, інші потребують налаштувань через веб-інтерфейс. Комп'ютер має перевагу в плані гнучкості й оновлюваності, але це також спокуса: якщо комп'ютер для стрімінгу використовуватимуть для інших задач, це може призвести до збоїв. Апаратний енкодер, навпаки, обмежений у своїй функціональності, що забезпечує його надійність. У світі технологій усе швидко змінюється. Наприклад, перехід Facebook із RTMP на RTMPS викликав проблеми у деяких апаратних енкодерах, які не змогли оновитися. Для комп'ютерів це не проблема – достатньо оновити програмне забезпечення.

При організації системи прямого ефіру важливою складовою є не лише відео- та аудіообладнання, але й обчислювальні пристрої, що забезпечують обробку, кодування та трансляцію сигналу. У цьому контексті можуть використовуватись як стаціонарні персональні комп'ютери, так і портативні ноутбуки. Обидва варіанти мають свої переваги: комп'ютери, як правило, потужніші, краще охолоджуються та піддаються модернізації, тоді як ноутбуки пропонують мобільність та компактність. На етапі старту або при обмеженому просторі доцільно розпочати саме з ноутбука: він дозволяє розгорнути мінімальну трансляційну систему практично будь-де, навіть без постійного робочого місця.

Вибір ноутбука для цілей трансляції потребує зваженого підходу до технічних характеристик. Насамперед слід звернути увагу на процесор (CPU) – центральний елемент, що відповідає за обробку усіх обчислень. Для стабільної роботи трансляційного програмного забезпечення, багатозадачності та кодування відео в реальному часі рекомендовано використовувати ноутбуки з процесорами рівня Intel Core i5 або i7, або їх

аналогами від AMD (Ryzen 5/7).

Окремо варто виділити графічний процесор (GPU), який відповідає за обробку зображень і візуалізацію. Якщо трансляція включає елементи віртуальної графіки, титрування, або планується монтаж відео наявність дискретної відеокарти (наприклад, NVIDIA GeForce GTX/RTX або AMD Radeon) є суттєвою перевагою. У поєднанні з відповідним програмним забезпеченням та GPU-прискоренням, це значно покращує загальну продуктивність системи.

Не менш важливим є обсяг оперативної пам'яті (RAM), яка виконує роль короткострокового сховища даних, що активно використовуються під час роботи системи. Для стандартних трансляцій у Full HD рекомендованим мінімумом є 8 ГБ оперативної пам'яті, однак для комфортної роботи з графікою, відео та кількома додатками водночас доцільно обирати конфігурації з 16 ГБ або більше.

Ще один ключовий компонент – дисплей. Хоча для трансляції використовують переважно зовнішні монітори, якість вбудованого екрану ноутбука залишається важливою при налаштуванні сцени або моніторингу ефіру. Бажано, аби він мав високу роздільну здатність, яскраві кольори, широкі кути огляду (технологія IPS) та, за можливості, високу частоту оновлення, особливо якщо робота пов'язана із відеоконтентом.

Нарешті, слід звернути увагу на автономність пристрою. У ситуаціях, коли неможливо під'єднати ноутбук до електромережі, наявність акумулятора з тривалим часом роботи (понад 8 годин) забезпечує безперервність підготовки чи ведення трансляції навіть у польових умовах.

Таким чином, правильно підібраний ноутбук здатен стати повноцінним центром керування трансляцією: від прийому сигналу з екодера до його передачі на стрімінгові платформи. У подальшому, при зростанні вимог або розширенні системи, до ноутбука можна додати стаціонарну робочу станцію, яка візьме на себе частину або й усі ресурсоємні задачі [12].

## 3 ОБГРУНТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕТЕРІВ

### 3.1 Відеобладнання

Після проведеного аналізу потреб та можливостей обраного приміщення, а також вивчення типових схем побудови системи прямих трансляцій, необхідно перейти до обґрунтуванню вибору та розрахунку вартості комплекту обладнання, який дозволить забезпечити якісну та стабільну відеотрансляцію. Основну увагу буде приділено трьом ключовим компонентам системи: відеобладнанню, комп'ютерній системі та аудіобладнанню.

Одним із основних елементів системи є відеокамери, які здійснюють безпосередній захват зображення. Враховуючи, що проект орієнтований на впровадження рішення для користувачів-початківців, було прийнято рішення зупинитися на камерах середнього класу – зокрема, на Camcorders або Mirrorless Cameras. Такі камери поєднують у собі прийнятну ціну, високу якість зображення, можливість змінювати оптику, а також підтримку основних стандартів підключення.

У нашому випадку важливим критерієм вибору є тип виходу. В якості відеомікшера планується використання пристрою АТЕМ Mini Pro, який має декілька HDMI-входів. Але через те, що HDMI обмежені коротшими дистанціями та чутливістю до перешкод, все ж таки кращим варіантом будемо використання SDI інтерфейсу. Для того, щоб подолати великі відстані найкращим варіантом буде Blackmagic Micro Converter BiDirectional SDI / HDMI 3G. На рисунку 3.1 зображений двонаправлений мікро конвертер.

Нові моделі Blackmagic Micro Converter живляться через те саме з'єднання USB-C, яке використовується на новіших комп'ютерах та смартфонах. Можна придбати мікроперетворювачі з блоком живлення AC, який підтримує змінний струм від 100 до 240 В.



Рисунок 3.1 – Blackmagic Micro Converter BiDirectional SDI / HDMI 3G

Також можна вживати зарядні пристрої для смартфонів та акумулятори для живлення мікроконвертерів. Така кількість простих у використанні рішень для живлення гарантує безперебійну роботу. Блок живлення для цієї моделі купується додатково, тому про це варто подумати також. На рисунку 3.2 зображений приклад схеми роботи конвертера із обраним мікшерним пультом [13].



Рисунок 3.2 – Приклад роботи Blackmagic Micro Converter

Для зручності роботи зі звуком та уникнення зайвих конвертацій одна з камер має підтримувати вхід для XLR-кабелів, що дозволяє передавати якісний аудіосигнал безпосередньо до відеосигналу, який потім захоплюється через SDI.

Для міської церкви вирішено обрати дві камери, одна буде захоплювати більшу частину зали (в статичний кадр), інша буде використовуватись для «ручної» зйомки музичних інструментів. Дивлячись на перераховані критерії гарним варіантом для початківців будуть наведені нижче камери.

Panasonic HC-X2000 (рисунок 3.3) – це професійна відеокамера, типу Camcorders, яка створена спеціально для репортажної, студійної та стрімінгової роботи. Має компактний корпус, об'єктив із широким кутом огляду та оптичним 24-кратним зумом. Саме тому вона ідеально підходить для проведення прямих ефірів у церкві, де важливе все: і якість зображення, і гнучкість підключення до різного обладнання, і надійність під час тривалих трансляцій [14].



Рисунок 3.3 – Panasonic HC-X2000

Однією з головних переваг цієї моделі є наявність повноцінного відеовиходу SDI, який дозволяє передавати відео без втрат на великі відстані – це критично важливо у великих приміщеннях, де камера може бути встановлена далеко від пульта чи комп'ютера, що саме і планується зробити в обраній церкві.

Ще одна вагома перевага – це наявність XLR-входів для підключення професійних мікрофонів або мікшерів, через які вже зведений звук із пульта (з мікрофону пастора, хору та музикантів) може потрапляти прямо до камери з високою якістю. Це усуває потребу в окремій синхронізації звуку та відео, зменшуючи ризики технічних помилок під час ефіру. Камера дозволяє керувати рівнями звуку прямо з панелі.

Щодо відео – камера підтримує запис у 4K до 60 кадрів/с, має професійні

налаштування кольору, зум об'єktiv із великим діапазоном, що дозволяє знімати як загальні плани, так і крупні без втрати якості. Стабілізація зображення тут гібридна, що дуже доречно, якщо зйомка ведеться з рук або зі штатива без гідраліки. Камера оснащена подвійним слотом для карт пам'яті, підтримує тривалий безперервний запис, і має знімний ручний модуль з XLR-входами, що робить її мобільною або студійною залежно від потреб.

За ціною ця камера дещо дорожча за звичайні бездзеркальні моделі, однак її функціональність виправдовує інвестиції. Вона зменшує кількість додаткового обладнання, забезпечує стабільну роботу і надає гнучкі варіанти підключення до професійної аудіо-відео інфраструктури.

Саме тому Panasonic HC-X2000 може вважатися надзвичайно вдалим та навіть ідеальним варіантом для створення надійної, якісної та професійної системи прямих трансляцій у церкві. Її можливості повністю відповідають вимогам практики, а також демонструють високий рівень технічного підходу в рамках даної роботи.

Серед великої кількості камер, доступних на ринку, другою камерою пропонується обрати бездзеркальну Panasonic LUMIX DC-G9 – модель, яка поєднує у собі високу якість зображення, надійність та зручність у роботі, що робить її надзвичайно вдалим вибором для проведення прямих ефірів у церкві. Камера була розроблена передусім як інструмент для професійної фотозйомки, однак завдяки численним функціональним оновленням і вдосконаленню можливостей, вона також стала потужним рішенням для відеотрансляцій [15].

Однією з ключових переваг G9 є наявність повнорозмірного HDMI-виходу (Type A), що дозволяє передавати чистий відеосигнал (clean HDMI output) без накладених інтерфейсів або інформації про зйомку. Ще однією великою перевагою є 5-осьова стабілізація зображення, яка працює як із фото, так і з відео. Стабілізація допомагає уникнути тремтіння кадру, забезпечуючи плавність відео навіть без дорогих стабілізаторів або штативів із функцією згладжування. У поєднанні з об'єктивами, які мають власну оптичну

стабілізацію, ефективність значно зростає: така система особливо корисна під час динамічних моментів служби або музичних виступів. Для потреб місцевої церкви це стане гарним варіантом для «ручної» зйомки музичних інструментів на сцені.

Крім цього, Panasonic G9 забезпечує відеозапис у 4K з частотою до 60 кадрів на секунду, що дозволяє отримати надзвичайно деталізовану та плавну картинку. Камера має високу світлочутливість, що важливо при зйомці у приміщеннях з недостатнім освітленням, типових для церков. Великий сенсор типу Micro Four Thirds дає хорошу глибину різкості, а також дозволяє створювати розмитий фон, що додає професійності кадрам.

Важливо й те, що камера підтримує постійне живлення через USB-C або через спеціальний адаптер до електромережі, що дозволяє не перейматись акумулятором під час тривалих трансляцій. Також вона має подвійний слот для карт пам'яті, що забезпечує резервне копіювання, або безперервний запис.

Що стосується ціни, то LUMIX G9 є привабливим варіантом у категорії професійних бездзеркальних камер середнього класу. Її вартість часто є нижчою за новіші моделі при збереженні максимальної якості зображення та надійності. За співвідношенням ціна/якість вона випереджає багато конкурентів і дозволяє отримати професійний результат при помірному бюджеті. Таким чином, Panasonic LUMIX DC-G9 – це оптимальне рішення для забезпечення якісних прямих ефірів: стабільне відео, чистий HDMI-сигнал, можливість безперервної роботи, відмінна якість зображення й приваблива ціна. Саме тому ця камера є доцільним вибором для використання.

### 3.2 Комп'ютерна система

Ще одним важливим компонентом системи є комп'ютерна частина, яка забезпечує захоплення сигналу, обробку та безпосередню трансляцію в мережу. У межах реалізації цього проєкту передбачається використання ноутбука, що дозволить зберегти мобільність комплексу та зменшити

кількість стаціонарного обладнання. Для організації трансляцій буде використовуватись OBS Studio (рисунок 3.4) – популярне безкоштовне програмне забезпечення (ПЗ) з відкритим кодом, яке підтримує захоплення відео з камер та потокове передачу на платформи на кшталт YouTube, Facebook чи Twitch [16].



Рисунок 3.4 – OBS Studio

Оскільки програма OBS вимагає певного рівня обчислювальних ресурсів, підбір комп'ютерної системи здійснюється на основі офіційно заявлених системних вимог. Мінімальні вимоги передбачають наявність 64-бітної операційної системи не нижче Windows 10 (версія 20H2), процесора на рівні Intel Core i5-2500K або AMD Ryzen 3 1300X, 4 ГБ оперативної пам'яті та відеокарти початкового рівня – GeForce GTX 900 Series, Radeon RX 400 Series або Intel HD Graphics 500. Однак, для стабільної та комфортної роботи, особливо у випадках трансляцій із кількох джерел відео у високій якості, рекомендується використовувати більш потужне обладнання. Зокрема, рекомендовано мати процесор Intel Core i7-8700K або AMD Ryzen 5 1600X, не менше 8 ГБ оперативної пам'яті, а також відеокарту серій GeForce 10, Radeon 5000 або Intel Xe з підтримкою апаратного кодування. OBS також потребує близько 600 МБ вільного місця на диску.

Ураховуючи зазначені вимоги, ноутбук для трансляції має забезпечувати баланс між продуктивністю та ціною. Пріоритет при виборі надається моделям із наявністю дискретної відеокарти, сучасного багатоядерного процесора та достатнього обсягу оперативної пам'яті, що

дозволить проводити трансляції у форматі Full HD без втрати якості або затримок. Додатково варто звернути увагу на наявність портів HDMI або USB-C для можливості додаткового моніторингу сигналу, а також на стабільне мережеве підключення – бажано через Ethernet, що знижує ризик обриву трансляції у порівнянні з бездротовим з'єднанням.

Для реалізації стабільної та продуктивної системи прямого ефіру було прийнято рішення використати ноутбук GIGABYTE G5 MF, що відповідає всім сучасним вимогам до обробки аудіо- та відеосигналу під час трансляцій. Однією з головних причин вибору цієї моделі є наявність високопродуктивного процесора Intel Core i5-12500H дванадцятого покоління, який має гібридну архітектуру з 12 ядрами (4 продуктивних і 8 енергоефективних) та підтримкою 16 потоків. Така конфігурація дозволяє ефективно обробляти багатопотокові задачі, зокрема паралельну обробку відео, роботу з джерелами сигналу та кодування під час прямого ефіру.

Ключовим елементом у структурі даного ноутбука є дискретна відеокарта NVIDIA GeForce RTX 4050, яка не лише забезпечує високу графічну продуктивність, а й підтримує сучасний апаратний енкодер NVENC. Саме ця технологія дозволяє значно зменшити навантаження на центральний процесор при кодуванні відеосигналу, що особливо важливо під час трансляцій у форматі Full HD або навіть 4K. Завдяки цьому забезпечується стабільне зображення без затримок або втрати кадрів, навіть у випадку роботи з кількома камерами або сценами.

Оперативна пам'ять обсягом 16 ГБ DDR4 дозволяє комфортно працювати з OBS Studio та іншими програмами одночасно, не побоюючись нестачі ресурсів. Також пристрій обладнано швидким SSD-накопичувачем, що забезпечує швидке завантаження операційної системи та скорочення часу підготовки до ефіру. Важливо відзначити, що ноутбук має порт HDMI 2.1, що дозволяє без втрат передавати сигнал на зовнішній монітор або рекордер, а також підтримує Gigabit Ethernet і Wi-Fi 6, що гарантує надійне підключення до інтернету – критично важливе для безперервної трансляції.

Таким чином, GIGABYTE G5 MF (рисунок 3.5) повністю відповідає як рекомендованим системним вимогам OBS Studio, так і практичним потребам організації сучасної, мобільної системи прямого ефіру. Завдяки поєднанню високої продуктивності, сучасних технологій та прийнятної ціни, цей ноутбук є обґрунтованим та надійним вибором для реалізації завдань трансляції в межах церковного служіння або інших подій.



Рисунок 3.5 – Ноутбук GIGABYTE G5 MF

### 3.3 Аудіобладнання

Якісний звук є невіддільною частиною успішної трансляції. Мікшерний пульт Behringer X Air XR18, який вже використовується у церкві, підтримує кілька способів передачі аудіосигналу: через XLR-виходи, USB-підключення та 1/4" TRS-виходи (так звані "гітарні джеки"). Кожен із цих варіантів має свої особливості та застосування. USB дозволяє напряму передавати сигнал у комп'ютер, що зручно для студійного запису або роботи з DAW-програмами. Проте для потреб прямих трансляцій та стрімінгу цей варіант часто вимагає додаткової маршрутизації звукових каналів у налаштуваннях операційної системи та самого програмного забезпечення (наприклад, OBS). Це ускладнює процес, особливо для недосвідчених користувачів. Натомість передача сигналу через XLR-кабель безпосередньо в камеру є більш стабільним та простим рішенням. У такому випадку аудіо і відео вже синхронізовані на рівні

камери, що дозволяє уникнути налаштувань синхронізації у програмі для трансляції. Окрім того, XLR забезпечує високу якість сигналу навіть на значній довжині кабелю та має кращу механічну міцність у порівнянні з USB, що є важливим фактором при прокладанні кабельних ліній у великих приміщеннях або при частих підключеннях і роз'єднаннях обладнання. З огляду на це, для трансляцій доцільніше використовувати саме XLR як основний спосіб передачі аудіосигналу.

### 3.4 Обрана система проведення прямого етеру

На основі проведеного аналізу було сформовано повноцінну систему організації прямих ефірів у церковному середовищі з використанням сучасного відео- та аудіообладнання. Центром усієї трансляційної системи виступає ноутбук GIGABYTE G5 MF, який обрано завдяки його високій продуктивності та повній відповідності вимогам програмного забезпечення OBS Studio. Саме на цьому ноутбуці відбувається основна обробка відео- та аудіосигналу, додавання графічних елементів та керування сценою трансляції.

До ноутбука за допомогою USB-підключення під'єднано відеомікшер ATEM Mini Pro, який виконує функцію комутації відеосигналів із камер. У нашому випадку передбачено використання двох відеокамер, які розміщуються в різних точках церкви для забезпечення повного охоплення простору.

Panasonic LUMIX DC-G9 – це бездзеркальна фотокамера, яка має лише HDMI-вихід для передачі відеосигналу. Для підключення цієї камери необхідно використати два конвертери Blackmagic Micro Converter BiDirectional SDI/HDMI 3G. Перший конвертер розміщується безпосередньо біля камери й виконує перетворення HDMI-сигналу на SDI. Застосування SDI-кабелів є доцільним саме в умовах церкви, оскільки вони дозволяють передавати сигнал на значні відстані без втрати якості, є механічно міцнішими та краще захищеними від електромагнітних перешкод. Другий конвертер,

розміщений біля відеомікшера, забезпечує зворотну сумісність. Panasonic HC-X2000 є професійною відеокамерою, яка вже має вбудований SDI-вихід, що значно спрощує її інтеграцію в трансляційний ланцюг. Відеосигнал з цієї камери передається через SDI-кабель, вже до відеомікшера передається через такий самий конвертер, де трансформується в сигнал, проходячи через HDMI.

Камери розміщені на штативах, що дозволяє зафіксувати їх на необхідній висоті та забезпечити стабільне зображення без трясіння або змін кута огляду. До однієї з камер підключається аудіосигнал через XLR-кабель, який надходить із вже наявного в церкві цифрового мікшерного пульта Behringer X Air XR18. Цей мікшер має декілька способів виводу звуку, однак у запропонованій схемі використовується саме XLR, як найнадійніший і найзручніший варіант. Передача звуку таким способом дозволяє уникнути потреби у додатковому маршрутизуванні та програмному налаштуванні, як це необхідно при підключенні через USB, а також забезпечує якісну та стабільну передачу сигналу навіть на великі відстані.

Усі відео- та аудіосигнали через відеомікшер потрапляють до ноутбука, де за допомогою програмного забезпечення OBS Studio здійснюється остаточне формування прямого ефіру – включаючи додавання сцен, титрів, джерел відео, звуку та графічних елементів. Саме через OBS відбувається передача сигналу на стримінгову платформу (YouTube та Facebook), забезпечуючи доступність трансляції для глядачів у реальному часі.

Завдяки чіткому розподілу функцій між компонентами системи, її компактності та мобільності, ця схема дозволяє оперативно налаштовувати етер, забезпечувати високу якість зображення та звуку, а також масштабувати систему у разі потреби без значних витрат.

На рисунку 3.6 зображено схематичне розміщення обладнання для проведення прямого етеру в церкві. У верхній частині розміщена сцена, де відбувається богослужіння. Ліворуч від сцени встановлено мікшерний пульти для аудіосигналів, який використовується для зведення звуку з різних джерел – мікрофонів, інструментів та інших елементів озвучення. Поруч із

мікшером розміщена камера Panasonic LUMIX DC-G9, яка фіксує зображення зі сцени та передає його через SDI-інтерфейс. Ця камера підключена за допомогою синього кабелю, що на схемі позначає використання інтерфейсу SDI для відеосигналу.

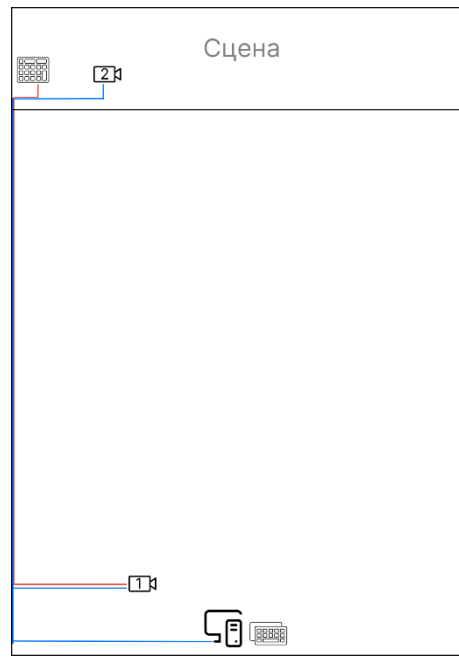


Рисунок 3.6 – Схематичне зображення розташування обладнання в церкві

У нижній частині схеми розташована друга камера – Panasonic HC-X2000. Вона встановлена ближче до місця оператора і також передає відеосигнал через SDI-інтерфейс. Поруч із камерою знаходиться ноутбук, який приймає відеосигнали з мікшерного пульта, який зображен поруч, і використовується як засіб для організації трансляції через відповідне програмне забезпечення (OBS Studio).

Всі кабельні з'єднання між пристроями побудовані з урахуванням високої якості передачі сигналу. Сині лінії на схемі відповідають SDI-з'єднанням, які забезпечують передачу відеосигналу на великі відстані без втрати якості, а червоні – передачу аудіосигналу через XLR. Таке розміщення обладнання дозволяє ефективно організувати пряму трансляцію богослужінь у церкві, забезпечуючи високу якість як зображення, так і звуку, а також зручність у роботі оператора.

## 4 РОЗРАХУНОК СТАБІЛЬНОСТІ ТРАНСЛЯЦІЇ

### 4.1 Вибір найкращого способу передачі сигналу

Одним з критичних елементів побудови системи прямого ефіру є правильний вибір типу кабелю, яким передається відеосигнал від камер до відеомікшера або комп'ютера. Це визначається не лише роз'ємами обладнання, але й технічними характеристиками кабелів: максимально допустимою довжиною, якістю сигналу, спроможністю до захисту від перешкод та потребою в додатковому живленні або обробці сигналу.

Для початку треба розрахувати який метраж кабелів буде необхідний. Обране приміщення церкви має розміри 20x12 метрів. Використовувати плануються дві камери, одна розташована біля комп'ютера та мікшерного пульта, який буде захоплювати сигнал, інша на протилежному боці зали, на сцені. Таким чином, беручи із запасом, для першої статичної камери біля комп'ютера необхідно 5-7 метрів кабелю, для другої камери на сцені для з'єднання з мікшером необхідно приблизно 25-27 метрів.

Зазвичай, для передачі відеосигналу використовується або коаксильний кабель SDI, або кабель HDMI.

Передача відеосигналу через кабель у системі прямого ефіру відбувається у вигляді високочастотного електричного сигналу. Незалежно від того, використовується HDMI чи SDI, сигнал має певну амплітуду та частоту, що зменшуються в процесі проходження по довжині кабелю. Цей процес називається затуханням сигналу, і його прийнято виражати в децибелах (дБ). При виборі кабелю також важливо звертати увагу на пропускну здатність кабелю – це максимальна кількість даних, які можуть передаватися через нього за одиницю часу без помилок. Зазвичай вимірюється в гігабітах на секунду (Gbps) для цифрових інтерфейсів (HDMI, SDI). Кожен тип кабелю має свою максимальну частоту передачі сигналу (в герцах), який визначає, який формат відео можливо передати (SD, HD, 4K) та рівень затухання, від чого і

залежить пропускна здатність. Якщо сигнал слабшає, тобто зростає затухання – виникають помилки, це обмежує максимальну частоту, яку можна передавати та ефективна пропускна здатність падає.

Припустимо, що перша камера встановлена на відстані 5-7 метрів від пульта та має лише вихід HDMI, що обмежує варіанти підключення. Згідно з технічними стандартами, максимальна довжина кабелю HDMI без підсилювача становить приблизно 10 метрів (для сигналу 1080p). У межах 5-7 метрів можна безпечно використовувати пасивний HDMI-кабель категорії High-Speed, який забезпечує передачу сигналу без втрат якості. Таким чином, для цієї камери доцільно залишити HDMI-з'єднання, уникаючи зайвих витрат на конвертери.

Для прикладу, друга камера, що знаходиться на відстані 25-27 метрів, підтримує професійний вихід SDI, який ідеально підходить для передавання сигналу на великі відстані. У випадку з HDMI, довжина 25-27 метрів значно перевищує допустиму без активного підсилювача. Натомість SDI-кабель, наприклад Belden 1694A або Canare L-5CFB, забезпечує надійну передачу сигналу 3G-SDI (для відео форматом 1080p 60fps) на відстань до 100 метрів без потреби в підсилювачах.

Перевіримо це розрахунком втрат напруги. Формула розрахунку затухання (для напруги):

$$L = 20 \cdot \log_{10} \frac{V_{\text{вих}}}{V_{\text{вхід}}}, \quad (4.1)$$

де  $L$  – загальні втрати, дБ;

$V_{\text{вхід}}$  – напруга сигналу на початку кабелю, В;

$V_{\text{вих}}$  – напруга сигналу на кінці кабелю, В.

Ця формула використовується у випадках, коли вимірюється ослаблення за напругою, що є стандартом для пасивних коаксіальних ліній передачі. Але виробники вказують втрати сигналу в дБ на 100 метрів кабелю, наприклад,

згідно з характеристиками кабелю Belden 1694A затування при 3 ГГц (максимальній частоті) дорівнює 5.8 дБ на 100 метрів. Тому можна використати формулу:

$$L = l \cdot \alpha, \quad (4.2)$$

де  $l$  – довжина кабелю, м;

$\alpha$  – питомі витрати.

Питомі втрати – це технічний термін, який означає втрати сигналу на одиницю довжини кабелю. Їх зазвичай вимірюють у децибелах на метр (дБ/м) або децибелах на 100 метрів (дБ/100м) – залежно від галузі та стандарту.

Використаємо це для нашого проекту. Згідно з характеристиками кабелю Belden 1694A затування при 3 ГГц (максимальній частоті) дорівнює 5.8 дБ на 100 метрів. Отже, на 27 м отримаємо:

$$L = 27 \cdot \frac{5.8}{100} = 1.566 \text{ дБ.}$$

Це значно нижче порогу, при якому SDI-приймач втрачає здатність стабільно декодувати сигнал (до 20 дБ). Такий підхід забезпечує мінімізацію витрат без шкоди для якості та стабільності відеопотоку, що є критично важливим для прямого ефіру в умовах церковної трансляції.

Тепер припустимо, що змінюється розташування камер, тепер та, яка стоїть поруч із пультом, має SDI-вихід, а камера на відстані 25-27 метрів від пульта має лише HDMI-вихід. Пульт будемо використовувати АТЕМ Mini.

Розглянемо ситуацію з першою камерою, вона має SDI-вихід, але пульт підтримує лише HDMI-вхід. Відстань невелика, тому можна використовувати SDI-кабель та SDI-HDMI конвертер біля пульта, або конвертер SDI-HDMI поставити прямо біля камери, і тягнути вже HDMI-кабель. Як вже було з'ясовано, на 7 м можна використовувати high-speed HDMI-кабель, але також

можна використовувати SDI, бо він не має обмежень у 7 м.

Друга камера має лише HDMI-вихід. Відстань 25-27 метрів значно перевищує допустиму довжину для HDMI. Тому рішенням буде поставити конвертер HDMI-SDI біля камери, який перетворює сигнал HDMI у HD-SDI – стандарт професійної передачі відео на частоті 1.485 ГГц з пропускнуою здатністю 1.485 Гбіт/с. Безпосередньо біля пульта використати ще один конвертер SDI-HDMI, бо пульт приймає лише HDMI. Розрахуємо затухання для такого варіанту.

Для обраного коаксіального кабелю Belden 1694A технічні характеристики зазначають затухання на частоті 1.5 ГГц  $\approx$  3.5 дБ на 100 м. Обчислимо втрати сигналу на відстані 27 метрів:

$$L = 27 \cdot \frac{3.5}{100} = 0.945 \text{ дБ.}$$

Це значення набагато нижче критичного порогу, при якому виникає нестабільність сигналу. Приймачі HD-SDI здатні впевнено працювати при втратах до 15-20 дБ, залежно від конкретного пристрою. Отже, використання HD-SDI на відстань до 100 м – абсолютно безпечне, особливо на 27 м.

HD-SDI є бюджетною та надійною альтернативою 3G-SDI для систем, де достатньо відео у 720р або 1080i. При передачі HD-SDI сигналу на 27 метрів через кабель Belden 1694A, втрати становлять менше ніж 1 дБ, що гарантує стабільну якість трансляції.

#### 4.2 Розрахунок обсягу даних та перевірка стабільності трансляції

Для ефективної організації прямої трансляції важливо не лише підібрати якісне обладнання, а й розрахувати обсяг відеосигналу, який система повинна обробити та передати в реальному часі. Це дозволяє уникнути перевантажень у вузлах системи – камерах, пультах, ноутбуку, мережі. Якщо хоча б одна ланка

не витримує навантаження – результатом стають "тормоза", зависання, або втрата якості трансляції, що критично для залучення глядачів. Такий підхід дозволяє виявити слабкі місця в системі ще на етапі проектування та запобігти затримкам, зниженню якості або перериванням трансляції під час реального ефіру. Як правило, в практиці служінь, де важлива безперебійна трансляція богослужіння, критичне значення має стабільність відео та його якість з точки зору глядача.

Система складається з двох камер (Panasonic LUMIX DC-G9 та Panasonic HC-X2000), пульта АТЕМ Mini Pro, ноутбука GIGABYTE G5 MF та онлайн-платформи YouTube як кінцевого отримувача потоку.

На етапі захоплення зображення камери Panasonic LUMIX DC-G9 та Panasonic HC-X2000 передають відео у форматі Full HD з частотою 50 кадрів на секунду через інтерфейси HDMI та SDI відповідно. При передачі нестисненого сигналу обсяг переданих даних можна обчислити за формулою:

$$B = R \cdot F \cdot D; \quad (4.3)$$

де  $B$  – це бітрейт (обсяг даних у бітах за секунду);

$R$  – розмір одного кадру в пікселях, помножений на глибину кольору;

$F$  – кількість кадрів за секунду;

$D$  – коефіцієнт, що враховує колірну субдискретизацію.

Підставивши значення для сигналу  $1920 \times 1080$  пікселів, частоту 50 кадрів на секунду, 8 біт на канал та три канали кольору (RGB), отримаємо:

$$B = 1920 \cdot 1080 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 3 = 2488320000 \text{ біт / с.}$$

Отже, кожна камера в системі передає приблизно 2.5 гігабіта даних щосекунди. Для передачі такого потоку в режимі реального часу потрібні кабелі з високою пропускнуою здатністю, а також стабільні електронні схеми прийому, щоб уникнути затримок і втрат сигналу.

У системі використовується відеопульт АТЕМ Mini Pro, який приймає сигнали з камер через HDMI-входи. Пульти автоматично синхронізує вхідні потоки, виконує їх апаратне зведення, у разі потреби адаптує частоту кадрів, а далі формує єдиний вихідний потік. Цей об'єднаний сигнал надходить на комп'ютер через порт USB-C, де розпізнається як відео з вебкамери. Таким чином, велике навантаження з обробки сигналу знімається з комп'ютера ще на рівні пульта, що значно зменшує ризик затримок.

Далі отриманий сигнал передається до ноутбука GIGABYTE G5 MF, який стискає потік у форматі H.264 або AV1 із типовим бітрейтом від 4.5 до 6 мегабіт на секунду. Обсяг даних після стискання різко зменшується.

Типовий бітрейт стисненого потоку для трансляції Full HD складає приблизно 6 мегабіт на секунду. Тоді коефіцієнт стиснення можна визначити як відношення нестисненого бітрейту до стислого:

$$K = \frac{V_{\text{нестис}}}{V_{\text{стис}}} = \frac{2.5 \cdot 10^9}{6 \cdot 10^6} \approx 416.6.$$

Тобто сигнал стискається більш ніж у 400 разів, що дозволяє транслювати Full HD відео навіть при помірній швидкості інтернет-з'єднання.

При передачі трансляції на YouTube, де обробляється вже стислий відеопотік, головними технічними вимогами є стабільне підключення до інтернету зі швидкістю не нижче 6 мегабіт на секунду, а краще розраховувати із запасом пропускної здатності для стабільності передачі, тому не нижче 8 мегабіт на секунду, низький пінг та відсутність втрати пакетів. Для уникнення збоїв у трансляції рекомендовано використовувати дротове з'єднання через Ethernet, оскільки Wi-Fi може бути нестабільним у навантажених або складних з точки зору завад приміщеннях.

Таким чином, попри те, що камери видають відеосигнал з високою щільністю даних (до 3 гігабіт на секунду), система завдяки HDMI та SDI інтерфейсам, апаратному пульта та ноутбуку з графічним енкодером здатна

ефективно стиснути потік і передати його у мережу без втрат. Після обробки та стиснення сигнал зменшується до 6 Мбіт/с, але завдяки даній системі трансляція залишається стабільною та якісною для кінцевого глядача, навіть при невисокій швидкості інтернет-з'єднання. Це є важливим технічним досягненням системи, що поєднує надійність, ефективність обробки та збереження якості зображення в умовах обмежених ресурсів. Таким чином, система повністю відповідає технічним вимогам для стабільної онлайн-трансляції богослужінь у форматі Full HD.

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було проведено комплексне дослідження технічних, організаційних та економічних аспектів організації системи прямих трансляцій богослужінь у християнських церквах, зокрема в умовах обмежених ресурсів та локальних потреб. Актуальність теми підтверджена стрімким розвитком дистанційного формату участі у релігійному житті, особливо після пандемії COVID-19 та війни, які змусили багато церков переглянути традиційні способи комунікації зі своїми громадами.

На першому етапі було здійснено аналіз існуючих підходів до трансляцій у різних храмах, виокремлено основні складові таких систем: звукове обладнання (зокрема мікшерні пульти), відеокамери, засоби передачі сигналу, програмне забезпечення та комп'ютери.

Проведений аналіз показав, що універсального ідеального рішення для побудови системи прямих ефірів не існує: кожна церква повинна підбирати конфігурацію обладнання та програмного забезпечення, виходячи з власних цілей, бюджету, приміщення, технічної підготовки персоналу та інших факторів. Саме тому важливим завданням дослідження стало не лише оцінити технічні характеристики обладнання, а й запропонувати гнучку, масштабовану модель, яка може бути адаптована під різні умови.

У практичній частині роботи було розроблено проєкт системи трансляції богослужінь для однієї з місцевих церков. Цей проєкт спрямований на те, щоб стати відповіддю на конкретні потреби громади. Запропоноване рішення містить базовий набір обладнання, що забезпечує належну якість трансляцій без зайвих витрат, і передбачає можливість поступового вдосконалення системи в майбутньому.

Хоча розроблена система не є досконалою і потребує часу та фінансових ресурсів для повної реалізації, вона може суттєво покращити доступність богослужінь для членів громади, які з тих чи інших причин не можуть бути присутніми фізично. Таким чином, вона виконує важливу соціальну і духовну

функцію – об'єднання людей у спільній молитві незалежно від обставин.

Отже, проведені дослідження довело, що навіть за обмежених умов можливо створити ефективну та якісну систему для організації прямих етерів. Головне – орієнтуватися на реальні потреби та відповідально підходити до вибору рішень, виходячи з балансу між бажаним та можливим.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Налаштування церковної прямої трансляції для початківців: як транслювати свою службу. Aha Slides. URL: <https://ahaslides.com/uk/blog/how-to-livestream-your-online-church-service/>
2. Налаштування церковних онлайн-трансляцій: комплексний і спрощений посібник. Wave Video. URL: <https://wave.video/ua/blog/church-live-stream-setup/>
3. 12 найкращих камер для прямих трансляцій у 2023 році на будь-який бюджет. Wave Video. URL: <https://wave.video/ua/blog/best-cameras-for-live-streaming/>
4. Choosing the Right Video Camera for the Job. Church Production URL: <https://www.churchproduction.com/education/how-to-choose-the-right-video-camera-for-the-job/>
5. Best Cameras for YouTube Creators (and how to decide!) URL: <https://streamyard.com/blog/best-camera-for-youtube>
6. Streaming Options: Computer and Capture Card vs. Encoder. Church Production URL: <https://www.churchproduction.com/education/streaming-ease-computer-and-capture-card-vs-encoder/>
7. What Is a Video Mixer and Do I Need One? URL: <https://medialooks.com/articles/what-is-a-video-mixer-and-do-i-need-one/>
8. ATEM Mini URL: <https://www.blackmagicdesign.com/ua/products/atemmini>
9. Choosing the best video encoder software for live streaming URL: <https://resi.io/blog/choosing-the-best-video-encoder-software-for-live-streaming/>
10. Software Encoders vs. Hardware Encoders (With Pros and Cons) URL: <https://resi.io/blog/software-encoders-vs-hardware-encoders/>
11. An Introduction to Video Encoders: Everything You Need to Know URL: <https://www.fmradiobroadcast.com/article/detail/video-encoders-101-beginners-guide.html>

12.8 Laptops that Work Great for Streaming. StreamYard URL: <https://streamyard.com/blog/streaming-laptops>

13. Перетворювачі Blackmagic Micro Converter. Blackmagicdesign URL: <https://www.blackmagicdesign.com/ua/products/microconverters>

14. Професійна відеокамера HC-X2000 із роздільною здатністю 4К. Panasonic URL: <https://www.panasonic.com/ua/consumer/digital-cameras-and-camcorders/camcorders/full-hd-camcorders/hc-x2000ee.html>

15. Цифрова бездзеркальна фотокамера з одним об'єктивом LUMIX DC-G9. Panasonic URL: <https://www.panasonic.com/ua/consumer/digital-cameras-and-camcorders/digital-cameras/lumix-g-system-cameras/dc-g9ee.html>

16. OBS STUDIO. Steam URL: [https://store.steampowered.com/app/1905180/OBS\\_Studio/?l=ukrainian](https://store.steampowered.com/app/1905180/OBS_Studio/?l=ukrainian)