

Застосування мережних технологій у малобюджетному телевиробництві

Щекачихіна^f К. А., ORCID [0000-0002-9896-2712](https://orcid.org/0000-0002-9896-2712)

Попович^с П. В., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-1572-3127](https://orcid.org/0000-0002-1572-3127)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем, Факультет Електроніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ROR [00syn5v21](https://orcid.org/00syn5v21)

Київ, Україна

Анотація—В статті розглянуто класичну схему ефірної студії новин та принцип роботи системи телевізійного мовлення на прикладі стандарту міжнародної системи цифрового телебачення, наведено блок-схему ефірної студії новин, системи цифрового телебачення, а також інтерактивного каналу зв'язку. На базі обладнання з класичної схеми ефірної студії здійснено підбір аналогічного малобюджетного обладнання для організації студії для онлайн-трансляцій, малобюджетність обґрунтовано кошторисом. Розглянуто можливості віддаленого доступу за допомогою підключення через VPN (Virtual Private Network – віртуальну приватну мережу) та через RDC (Remote Desktop Connection – підключення до віддаленого робочого столу). Здійснено заміри затримки підключення та трансляції. Виділено переваги та недоліки віддаленого підключення.

Ключові слова — телебачення; телевиробництво; мережні технології; Virtual Private Network; онлайн-трансляція

I. ВСТУП

У вік інформаційних технологій телебачення займає одне з провідних місць серед способів оперативного поширення інформації на широку аудиторію. Однак із розвитком та зростанням популярності мережі «Інтернет» і зниженням кількості глядачів цифрового телебачення провідні світові та українські телеканали почали публікувати контент на власних сайтах, а також організовувати трансляції на платформі YouTube. Даним відеохостингом має можливість користуватися будь-яка людина із доступом до Інтернету. Як впливає із результатів досліджень USAID-Internews «Ставлення населення до медіа та споживання різних типів медіа 2021» [1], використання традиційних медіа – телебачення, радіо та друкованих видань – систематично зменшується протягом останніх 5 років. Саме тому вміння працювати з платформою YouTube, зокрема налаштування та запуск прямої трансляції, є необхідним і актуальним для малобюджетних телеканалів-початківців.

Дороге телевізійне обладнання часто не є доступним малим або навчальним телестудіям через обмежений бюджет. Тому більшість малих телеканалів або каналів-початківців користуються малобюджетним обладнанням, яке не поступається більш дорогим аналогам за функціоналом, а іноді і перевершує їх. Тому в даній роботі заплановано використати малобюджетне обладнання для налаштування та запуску трансляції і описати його переваги та недоліки у порівнянні із професійним обладнанням.

Зважаючи на сучасні реалії в Україні, дістатися робочого місця буває небезпечно. Також велика кількість населення виїхала за кордон, але досі мають змогу працювати в українських компаніях, використовуючи віддалений доступ. Завдяки технології VPN (Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа), працівники мають змогу підключитися до локальної мережі компанії і під'єднатися до свого робочого комп'ютера. Аналогічно працівники телеканалів можуть запускати онлайн трансляції на YouTube-каналах, підключаючись через локальну мережу до відеомікшера.

В даній роботі заплановано розглянути можливості віддаленого запуску онлайн трансляції з відеомікшера, проаналізувати вплив використання VPN під час підключення до обладнання та описати переваги та недоліки віддаленої роботи з малобюджетним телевізійним обладнанням.

II. КЛАСИЧНА СХЕМА ЕФІРНОЇ СТУДІЇ НОВИН ТА СИСТЕМА ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МОВЛЕННЯ

Як бачимо з блок-схеми на рис. 1, все обладнання ефірної студії новин розміщується в кількох приміщеннях:

- звукоізольоване студійне приміщення, де знаходяться диктор, камери, телесуфлери, декорації та інше обладнання;
- апаратна відеоінженерів, де розміщуються пристрої дистанційного керування камерами, контрольно-вимірвальне обладнання, відеосервер та необхідне комутаційне обладнання;



DOI: 10.20535/2523-4455.me.268974

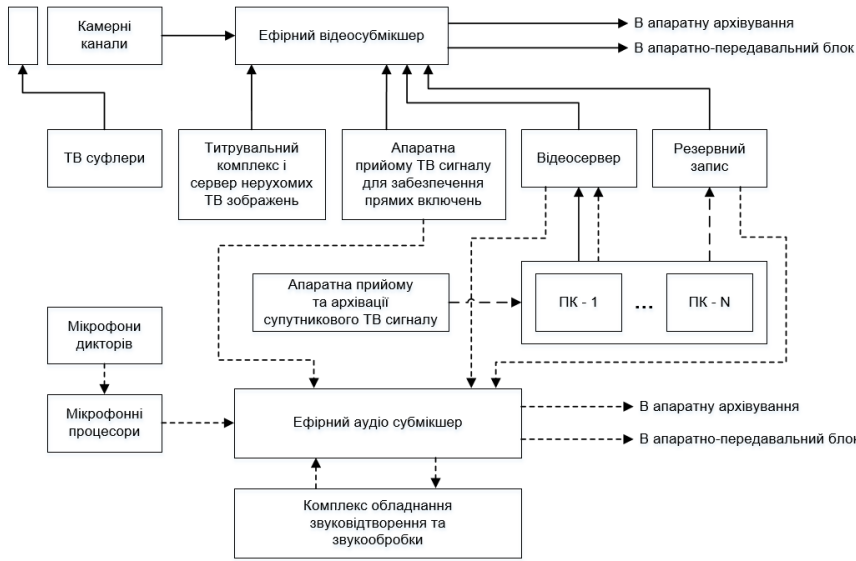


Рис. 1. Блок-схема ефірної студії новин

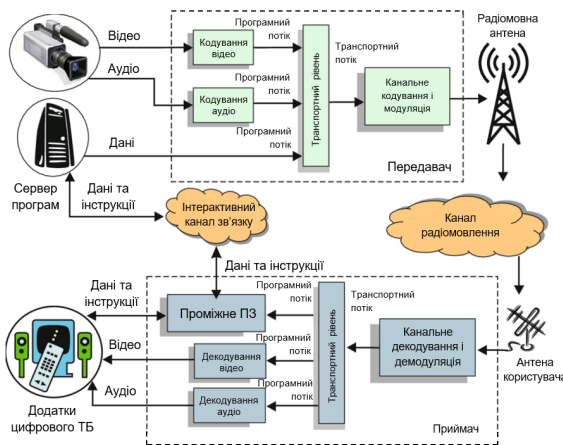


Рис. 2. Система цифрового телебачення

- режисерська апаратна, де встановлені ефірний відеосубмікшер режисера прямого ефіру новин, титрувальний комплекс і сервер нерухомих зображень, комп'ютери ТВ суфлерів, ефірний аудіосубмікшер і комплекс обладнання звуковідтворення та звукообробки.

Камерні канали — камери в студійній комплектації з дистанційними контролерами керування. З контролерів керування камерами компонентний відеосигнал надходить на ефірний відеосубмікшер режисера новин, який може бути доповнений блоком спецефектів.

Також на ефірний відеосубмікшер надходить компонентний сигнал з титрувального комплексу і серверу нерухомих ТВ зображень.

За допомогою відеосервера режисер має змогу відправляти відеоматеріали на сервер для зберігання або додавати їх у список відтворення до контенту, який заплановано для виводу в ефір.

Наявність відеомікшера в студії дозволяє здійснювати перемикавання відеоджерел з ефектом «прямого склеювання» або з використанням ефектів. До більшості відеомікшерів може бути підключений додатковий блок відеоефектів (DVE-блок), який розширює стандартні можливості мікшера.

Аудіосигнал з мікрофонів дикторів потрапляє через мікрофонні процесори (компресор-лімітер, гейт, деесор, ексайтер, мікрофонний передпідсилювач) на ефірний аудіосубмікшер звукорежисера, який може бути доповнений пристроями додаткового оброблення звуку (еквалайзер, компресор-лімітер, процесор ефектів тощо) [2].

Далі суміщений відео та аудіосигнал зі студії має бути доставлений до глядача. Для повного розуміння процесу розглянемо класичну систему телевізійного мовлення, а саме структурну схему стандарту ISDTV (International System for Digital Television – міжнародна система цифрового телебачення). ISDTV повністю відповідає еталонній моделі наземного передавання програм цифрового телебачення, визначеною Міжнародним союзом електрозв'язку (ITU), представлений на рис. 2 [3].

В ISDTV використано стандарт H.264 [4] для стиснення відео, а також для кодування як відео стандартної та високої роздільної здатності, так і відео зі зниженою роздільною здатністю, орієнтоване на мобільні або портативні приймачі. Стандартним засобом кодування аудіо в ISDTV передбачено використовувати аудіокодек MPEG-2 Audio (AAC) [5].

На ділянці каналного кодування і модуляції сигнали передають у вибраній смузі частот методом сегментованої передачі (BST) і ортогонального частотного мультиплексування (OFDM). Схема BST-OFDM, запропонована у 2008 році, забезпечує гнучкість і мобільність і надає можливість приймати телевізійні сигнали стаціонарними та мобільними приймачами. Проте у 2019 році дану схему вдоско-



налено шляхом поєднання схем LDM (Layered Division Multiplexing – мультиплексування з багаторівневим поділом каналів) [6] зі схемою FDM (Frequency Division Multiplexing – мультиплексування з частотним розділенням каналів) на підґрунті BST-OFDM, що дає нові можливості для наступного покоління цифрового наземного телевізійного мовлення [7].

Інтерактивний канал зв'язку відповідає за весь обмін інформацією між інтерактивними застосунками, встановленими на приймачах користувачів, та серверами застосунків, використовуваними на телеканалі.

Інтерактивний канал зв'язку складається з декількох компонентів, як наведено на спрощеній схемі на рис.3.

Інтерактивний канал зв'язку має два основних компоненти — це канал зворотного зв'язку і канал прямого зв'язку [8]. Компанії теле- та радіомовлення і постачальники контенту використовують канал прямого зв'язку для доставки даних кінцевим користувачам. Канал передавання даних складається з каналу мовлення та комунікаційної платформи, прийнятої для каналу зворотного зв'язку, яка може діяти як додатковий канал передачі даних. Глядачі використовують канал прямого зв'язку для запиту або відправки інформації до телерадіоорганізацій або провайдерів контенту. Канал зворотного зв'язку може бути побудований на основі будь-якої технології доступу до мережі, таких як Ethernet, Wi-Fi, General Packet Radio Service тощо.

III. СИСТЕМА МОВЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БЮДЖЕТНОГО ОБЛАДНАННЯ

В порівнянні з класичною системою телевізійного мовлення, система мовлення з використанням малобюджетного обладнання [9] буде дещо спрощеною. Організація онлайн-трансляції не потребує великої кількості обладнання, для цього достатньо лише однієї камери, мікрофона та стабільного інтернет-з'єднання.

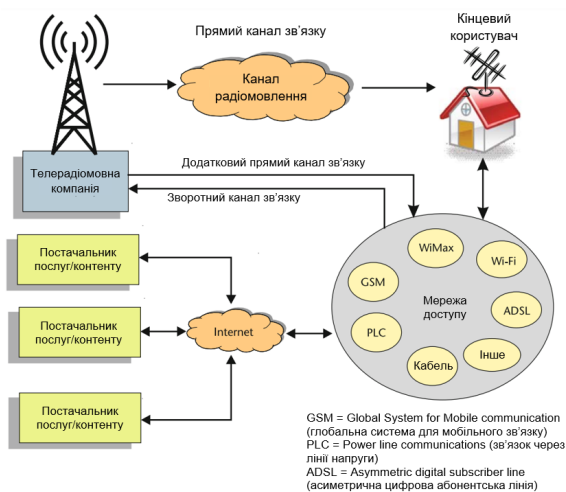


Рис. 3. Блок-схема інтерактивного каналу зв'язку

Проте для організації багатокамерної трансляції в студії необхідно мати відеомікшер. Малобюджетний відеомікшер за функціоналом поступається дорогим аналогам і розрахований на меншу кількість камер (до чотирьох), проте виконує базові функції: перемикання відео та аудіоджерел та налаштування відеопереходів. Деякі сучасні відеомікшери дозволяють виконувати функцію keying (видалення зеленого фону та заміна його іншим зображенням) в прямому ефірі. Тому відеомікшери з малою бюджетного сегменту можна ефективно застосувати для малих телевізійних студій.

В таблиці 1 перелічено вибране обладнання для спроектованої бюджетної телевізійної студії. Загальна вартість обраного обладнання складає дев'яносто шість тисяч вісімсот дев'ять гривень. В порівнянні з аналогічною студією студентського телебачення Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького [10], бюджет якої склав понад 300 тисяч гривень, бюджет даної студії є меншим, що задовольняє умову малобюджетності.

Обране обладнання можна використовувати для організації трансляцій на стрімінговій платформі YouTube [11]. На рис. 4 наведено схему підключення обладнання, яку пропонують розробники відеомікшера Blackmagic ATEM Mini Pro.

Відеомікшер має чотири роз'єми типу HDMI (High Definition Multimedia Interface — інтерфейс мультимедіа високої роздільної здатності), через які до мікшера приєднують відеокамери. За допомогою кнопок 1-4 у режисера є можливість перемикати джерела відеосигналу між собою і виводити в ефір необхідне зображення. За допомогою мікрофонного роз'єму типу mini-jack 3,5 mm можна підімкнути до двох мікрофонів. Також для виводу зображення одразу з усіх камер необхідно через HDMI-вивід підімкнути додатковий монітор, щоб режисеру було легше контролювати вид з камер та підбирати різні плани для трансляції [12].

Для запуску трансляції відеомікшер має бути під'єднаний до персонального комп'ютера через кабель Ethernet.

Таблиця 1 Кошторис обладнання для малобюджетної студії

Тип обладнання	Модель	Кількість, шт.	Ціна, грн	Вартість, грн
Відеомікшер	Blackmagic ATEM Mini Pro	1	22 909	22 909
Відеокамера	Panasonic Lumix DMC-G7	3	20 000	60 000
Світильник	Altson XK-70D-LED2	3	3 000	9 000
Накамерний мікрофон	Saramonic SR-VM4	1	2 200	2 200
Петличний мікрофон	Saramonic LavMicro U3	2	1 350	2 700



Рис. 4. Схема підключення обладнання з використанням відеомікшера Blackmagic ATEM Mini Pro для трансляції на платформі YouTube

ТАБЛИЦЯ 2 РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ЗАТРИМКИ ТРАНСЛЯЦІЇ

Тип з'єднання	Затримка, мс
Безпосереднє дротове	1
Віддалене через VPN	10
Віддалене через RDP	5

IV. ВПЛИВ ВІДДАЛЕНОГО ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ОБЛАДНАННЯ НА ЯКІСТЬ ТРАНСЛЯЦІЇ

Розглянемо кілька способів організації віддаленого доступу до обладнання студії:

- 1) Підключення персонального комп'ютера засобами віддаленого доступу до персонального комп'ютера в студії із застосуванням програми Windows Remote Desktop Connection [13].
- 2) Підключення через VPN до відеомікшера із застосуванням програми ATEM Software Control;

Хоча RDP (Remote Desktop Protocol — протокол з'єднання робочих столів) [14] та VPN виконують схожі функції для віддаленого доступу, VPN дозволяє користувачам отримувати доступ до захищених мереж, тоді як RDP надає віддалений доступ до конкретного комп'ютера. Хоча це корисно для надання доступу працівникам та третім особам, такий доступ є безстроковим та незахищеним.

RDP є кращим вибором, якщо необхідний широкий спектр процесів, функціональності та можливостей, які не підтримуються VPN. Хоча RDP вимагає більше часу і зусиль для встановлення та налаштування, ніж VPN, середовище RDP буде більш природним для віддалених працівників, вимагаючи при цьому меншої пропускної здатності і мінімального обладнання на базі приміщення. За допомогою RDP

віддалені працівники можуть працювати точно так само, як і в офісі, без обмежень. RDP також можна комбінувати з VPN для забезпечення максимальної функціональності та безпеки [15].

Використання VPN може впливати на потокове передавання, викликаючи певні затримки, оскільки дані повинні проходити через додатковий сервер. Але це також створить більш стабільне з'єднання і захистить від дроселювання пропускної здатності, тому покращує якість і швидкість потокового мовлення.

На практиці перевірено затримку трансляції під час безпосереднього та віддаленого з'єднання, результати занесені до таблиці 2.

З даних можна зробити висновок, що VPN незначним чином впливає на швидкість з'єднання обладнання, тому віддалена робота може бути однаково комфортною, як і робота безпосередньо в студії. Різниця полягає в попередньому налаштуванні пристроїв для віддаленого з'єднання.

Також серед недоліків віддаленої роботи є залежність від наявності електроенергії в обох місцях роботи. Тому для більш комфортної роботи студію необхідно забезпечити резервними джерелами електроенергії для організації безперервної роботи студії та уникнення непередбаченого переривання трансляції.

Серед переваг віддаленої роботи можна виділити мобільність працівників, можливість працювати з інших країн без великих затримок і високу оперативність виконання поточних задач.

ВИСНОВКИ

Малобюджетне телевізійне обладнання може виконувати базові функції, які забезпечують гарну якість трансляції. Відмінність малобюджетного відеомікшера та професійного полягає у широті функціоналу, ціні та можливості роботи з більшою кількістю підключеного обладнання.

Віддалене підключення до обладнання з нинішнім рівнем технологій дозволяє комфортно працювати умовно в студії, знаходячись в будь-якій точці світу. За виконаними вимірами затримка трансляції склала через протокол RDP 5 мс, а через протокол VPN 10 мс. Якість трансляції залежить від якості інтернет-з'єднання студії та віддаленого працівника.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] "Stavlennia naseleennia do media ta typiv media 2021 [The attitude of the population to the media and consumption of different types of media]," *USAID-Internews media report*, pp. 8-19, November 2021. URL: https://detector.media/doc/images/news/archive/2021/193866/usaaid_internews_media_report_2021_ukr.pdf?fbclid=IwAR0Enf-DL6hGTYpZXSA6SMBYLINLQR-lbcjr2f1jD7yQbdHYGQIWRi-h_mQ
- [2] J. Watkinson, "Digital video processing" in *An introduction to digital video* 2 ed., New York: Routledge, 2001, pp. 155-199. DOI: [10.4324/9780080495828](https://doi.org/10.4324/9780080495828)
- [3] Mylene C. Q. Farias, Marcelo M. Carvalho, Marcelo Alencar, "Digital Television Broadcasting in Brazil," no. 15, pp. 64-70, 20 June 2008. DOI: [10.1109/MMUL.2008.25](https://doi.org/10.1109/MMUL.2008.25)
- [4] "H.264 Video Compression," Haivision, 2022. [Online]. Available: <https://www.haivision.com/resources/streaming-video->



- [definitions/h-264/](#). [Accessed 15 November 2022].
- [5] Marina Bosi, Richard E. Goldberg, "MPEG-2 Audio," in *Introduction to Digital Audio Coding and Standards*, 1st ed., Boston, MA, Springer Science and Business Media New York, Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 315–332. URL: <http://www.pce-fet.com/common/library/books/34/1314> [Marina Bosi, Richard E. Goldberg (auth.)] [Intro\(b-ok.org\).pdf](#). DOI: [10.1007/978-1-4615-0327-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0327-9)
- [6] P. Angueira, "Layered Division Multiplexing: Basics Concepts, Application Scenarios and Performance" in *SMPTE 2015 Technical Conference & Exhibition*, Sydney, 2015. DOI: [10.5594/M001607](https://doi.org/10.5594/M001607)
- [7] H. Yamamoto, A. Nakamura and M. Itami, "A Study on LDM-BST-OFDM Transmission for the Next-Generation Terrestrial Broadcasting" in *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 66, 2020, pp. 205-215. DOI: [10.1109/TBC.2019.2932340](https://doi.org/10.1109/TBC.2019.2932340)
- [8] Dr Gorry Fairhurst, "Data Transmission using MPEG-2 and DVB", January 2001. [Online]. Available: <https://erg.abdn.ac.uk/future-net/digital-video/dsm-cc.html>.
- [9] D. Sanchez, "The Ultimate Guide To Building A Budget Video Studio", Dan Sanchez, 2022. [Online]. Available: <https://danchez.com/budget-video-studio/>. [Accessed 18 November 2022].
- [10] "Studentske telebachennia (Student TV)", The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, 2022. [Online]. Available: <https://cdu.edu.ua/informatsiya/studentam/studentske-zhyttia/studentske-telebachennia.html>. [Accessed 19 November 2022].
- [11] "Live stream to Facebook or YouTube live streaming with Blackmagic ATEM mini extreme", 2022. [Online]. Available: <https://www.coremicro.com/blog/facebook-or-youtube-live-streaming-with-blackmagic-atem-mini-extreme>. [Accessed 19 November 2022].
- [12] "Robochyi protses videomikeshera ATEM Mini Pro [ATEM Mini Pro Workflow]", Blackmagic Design Pty, 2022. [Online]. Available: <https://www.blackmagicdesign.com/ua/products/atemmini/workflow>. [Accessed 20 November 2022].
- [13] L. Whitney, "How to Use Microsoft's Remote Desktop Connection", Ziff Davis, LLC., 26 April 2022. [Online]. Available: <https://uk.pcmag.com/how-to/89163/how-to-use-microsofts-remote-desktop-connection>. [Accessed 21 November 2022].
- [14] Wesley Chai, Brien Posey, "Remote desktop protocol (RDP)", TechTarget, April 2022. [Online]. Available: <https://www.techtarget.com/searchenterprisedesktop/definition/Remote-Desktop-Protocol-RDP>. [Accessed 21 November 2022].
- [15] R. Hogg, "VPN vs. Remote Desktop: Which Is Better for Your Remote Workers?", 2022. [Online]. Available: <https://ancero.com/vpn-vs-remote-desktop-which-is-better-for-your-remote-workers/>. [Accessed 22 November 2022].

Надійшла до редакції 29 листопада 2022 року
Прийнята до друку 23 грудня 2022 року



Application of Network Technologies in Low-Budget Television Production

K. A. Shchekachykhina^f, ORCID [0000-0002-9896-2712](https://orcid.org/0000-0002-9896-2712)

P. V. Popovych^s, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-1572-3127](https://orcid.org/0000-0002-1572-3127)

Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, Faculty of Electronics

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—The article considers the classical scheme of the broadcast news studio and the principle of operation of the television broadcasting system on the example of the standard of the international digital television system, which is the reference model of terrestrial digital television transmission. The structural scheme of the broadcast news studio is given, the functions of each block of the studio and the principle of their work are described. The diagram of the digital television system shows how the signal from the studio passes through the stages of encoding and modulation to the broadcasting antenna, and then the demodulated and decoded TV signal appears in the digital television application on the viewer's side. The interactive communication channel is also discussed in more detail. The diagram of the interactive communication channel presented in this article shows how the communication between the broadcasting company and the viewer of digital television takes place. However, given the current tendency of TV channels to move from broadcasting on digital television to online broadcasting on streaming platforms, the article considers an example of organizing an online broadcast on the YouTube platform. Using the example of equipment from the classical scheme of the broadcast studio, the selection of similar low-budget equipment for organizing a studio for online broadcasts was carried out. The list of low-budget equipment includes a video mixer, video cameras, lighting equipment and two types of microphones. The advantages and disadvantages of low-budget equipment are indicated, from which it can be concluded that low-budget equipment is not of poor quality, but is designed for a smaller number of connected equipment, so it is suitable for use in small television studios. The functions and possibilities of using the selected Blackmagic ATEM Mini Pro video mixer are considered. A scheme for organizing a live broadcast on the YouTube streaming platform using the selected equipment is presented. The low budget of the studio is substantiated by estimates and comparison with the budget of a similar educational television studio. The possibilities of remote access organizing to the workplace via VPN (Virtual Private Network) and RDC (Remote Desktop Connection) are also considered. These features allow employees to work from a remote location, not directly in the studio. The purpose of the article was to determine how does remote access delay the work of the studio and complicate the process of launching online broadcasts. Measurements of connection delay and broadcasting were carried out. According to the results of the measurements, it was concluded that both VPN and RDC insignificantly affects the connection speed of the equipment, so remote work can be equally comfortable as working directly in the studio. The difference between remote work and direct work in the studio consists of in the preliminary configuration of devices for remote connection and also remote work depends on the Internet connection entirely and light availability in the studio.

Keywords — *television; television production; network technologies; Virtual Private Network; online broadcasting.*