

О.Ф. Дубина, к.т.н., доц.**Т.М. Нікітчук, к.т.н., доц.****О.В. Андрєєв, к.т.н., доц.****В.В. Чухов, к.т.н., доц.****Д.С. Морозов, ст. викладач***Державний університет «Житомирська політехніка»***С.М. Нікітчук, заст. директора***Товариство з обмеженою відповідальністю «ДІВІКС»*

Розрахунок обсягу пам'яті відеореєстратора системи відеоспостереження

У статті проведено аналіз сучасних форматів відеостиснення, наведено та обґрунтовано алгоритм розрахунку необхідного обсягу накопичувача відеореєстратора для надання можливості зберігання даних системи відеоспостереження певний термін, наведено порядок вибору жорсткого диску з точки зору форм-фактора накопичувача, його енергоспоживання та швидкості обертання дискових пластин.

Під час проектування сучасних систем відеоспостереження необхідно враховувати досить значну кількість чинників. Одними із основних є: тип відеокамер, їх кількість, формат відеостиснення, якість зображення, активність у кадрі, термін зберігання, надійність накопичувача. Перевагою системи відеоспостереження є можливість зберігання відеоданих на необхідний термін з можливістю їх перегляду. Як пристрій зберігання застосовуються SD-карта пам'яті на відеокамері, накопичувач у відеореєстраторі, хмарні технології. У статті розглядаються питання збереження даних на жорсткому диску відеореєстратора. На сьогоднішній день широкого застосування набули як аналогові, так і цифрові або IP-відеокамери, які відрізняються принципами формування відеосигналу і можливостями підключення до мережі. Кількість відеокамер визначається характеристиками і параметрами об'єкта, що охороняється. Кожна сучасна IP-відеокамера підтримує декілька форматів стиснення даних, які різняться за принципами дії, коефіцієнтом стиснення, якістю зображення, а для аналогових відеокамер стиснення проводиться у відеореєстраторі. Ці фактори у кінцевому підсумку впливають на необхідний загальний обсяг пам'яті відеореєстратора. Крім цього, значущим є забезпечення надійності накопичувача, особливо для спостереження за важливими об'єктами.

Ключові слова: відеореєстратор; відеокамера; формат відеостиснення; кодек; накопичувач; система відеоспостереження.

Постановка проблеми. Системи відеоспостереження (СВС) є одним із основних компонентів і займають важливе місце в загальній структурі інтегрованих (комплексних) систем забезпечення безпеки об'єктів і фізичних осіб. Подібні системи останнім часом використовуються дуже широко для охорони периметрів і об'єктів, для контролю поведінки відвідувачів, для спостереження за виробничими процесами і в багатьох інших областях на підприємствах, на транспорті, в офісних та житлових приміщеннях, готелях, навчальних закладах, магазинах, торгових центрах тощо.

Як правило, під час охорони реального об'єкта сучасні СВС інтегровані в комплексну охоронну систему забезпечення безпеки разом з системами контролю доступу та охоронно-пожежною сигналізацією, хоча, звичайно, вони можуть бути встановлені і незалежно.

Основні функції СВН – вести відеомоніторинг визначених ділянок території об'єкта і надавати візуальну інформацію оператору служби безпеки у вигляді, зручному для сприйняття, подальшої обробки і зберігання. Крім того, матеріали відеоспостереження часто є найважливішою фактичною основою проведення службового розслідування, а в деяких випадках єдиним достовірним, незаперечним і незалежним свідченням як елемент судових розглядів [1, 2].

Як пристрій зберігання відеоінформації застосовуються SD-карта пам'яті на відеокамері, накопичувач у відеореєстраторі, хмарні технології. Типовими значеннями SD-карт пам'яті на відеокамері на сьогоднішній день є 64 Гб чи 128 Гб. При організації системи відеоспостереження за важливими об'єктами застосовується певна кількість відеокамер, які можуть входити в декілька рубежів охорони. Крім того, СВС може бути організована на основі аналогових камер, у яких не передбачено SD-карту пам'яті через принцип дії. Хмарні технології застосовуються досить широко, але вартість цих послуг ще досить висока. У цьому випадку для зберігання даних застосовуються накопичувачі у відеореєстраторах.

Під час проектування сучасних систем відеоспостереження необхідно враховувати досить значну кількість чинників. Одними із основних є: тип відеокамер, їх кількість, формат відеостиснення, якість

зображення, активність у кадрі, термін зберігання, надійність накопичувача. У цьому випадку постає питання розрахунку необхідного обсягу накопичувача відеореєстратора з урахуванням перерахованих чинників. Крім того, важливим є питання забезпечення надійності накопичувача, особливо для забезпечення спостереження за важливими об'єктами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день СВС є одною з основних складових інтегрованої системи охорони і розвиваються досить високими темпами. Розробляються і впроваджуються нові функції, такі як BLC, HLC, DWDR, ROI, покращується розрізнення відеокамери за рахунок удосконалення параметрів матриці тощо. Це, у свою чергу, збільшує відеопотік даних і накладає вимоги на необхідний обсяг накопичувача.

Аналіз сучасних публікацій по системах охорони об'єктів [1, 2] і, в тому числі, системах відеоспостереження [3–5] показує досить широкий і глибокий розгляд питань елементів та пристроїв даних систем, їх принципів дії, порядку застосування. Разом з тим, питанням розрахунку та вибору сучасного накопичувача відеореєстратора для забезпечення необхідних показників збереження інформації та надійності приділено менше уваги.

Викладення основного матеріалу. Вибір спеціального жорсткого диска для процесу відеоспостереження необхідний для того, щоб вся система коректно працювала і могла забезпечувати безперервний запис прийнятної якості. Накопичувач в цьому плані застосовується для читання і запису відео. Для відеоспостереження були розроблені спеціальні жорсткі диски, які адаптовані під скачки напруги і відрізняються деякими особливостями [1].

Відеореєстратор є таким пристроєм, який створено для запису, зберігання та подальшого перегляду відеозображень. Конструктивно являє собою складний багатофункціональний прилад, який може передавати не тільки відео-, але й аудіосигнал. Роль носія інформації грає накопичувач HDD на жорстких магнітних дисках. Крім самих дисків, він містить в собі плату управління та блок магнітних головок. Також він оснащується власним мікропроцесором, управлінням і оперативною пам'яттю. Оскільки сам собою жорсткий накопичувач є болванкою, то він вимагає розмітки перед початком роботи. У низці випадків відеореєстратори роблять це автоматично при першому запуску або просять користувача дозволу на форматування диска. Зазвичай шлейф SATA з кріпленням йдуть в загальному комплекті поставки разом із самим реєстратором, а жорсткий диск доводиться купувати окремо. Форматування після установки необхідно зробити силами самого обладнання, адже в іншому випадку відеореєстратор не зможе проводити запис зображення на жорсткий накопичувач.

Критерій ємності диска і його кеш-пам'ять

Це обладнання може відрізнятися різною місткістю, але найчастіше затребувані накопичувачі, які вміщують в себе від 1 до 6 Тб інформації. Для різної конфігурації системи відеомоніторингу можуть знадобитися диски різної ємності. Щоб визначитися з цим показником, потрібно в першу чергу вирішити, скільки камер буде працювати в системі. Також береться до уваги якість майбутньої зйомки і тривалість зберігання даних з відеозаписами. Інакше кажучи, чим більше вимоги до якості запису, і чим довше необхідно зберігати дані, тим більшої ємності буде потрібно і жорсткий накопичувач.

Розрахунок необхідної ємності в мережі проводиться на підставі таких параметрів, як:

- формат стиснення;
- інтенсивність ведення запису;
- режим запису (з урахуванням часу доби і включення детектора руху);
- швидкість запису;
- інтенсивність руху;
- тривалість зберігання архіву в днях;
- кількість встановлених камер спостереження.

Однак домогтися ідеально точного розрахунку все одно не завжди вдається. Це пов'язано з тим, що стиснення відеопотоку може змінюватися під дією різних факторів. Застосування датчика руху не дозволяє встановити точне значення, оскільки спрогнозувати інтенсивність переміщення в кадрі людей малоймовірно. Навіть якщо запис ведеться цілу добу, то частота включення детектора руху може бути низькою в тих випадках, коли спостереження проводиться в замиському будинку або на дачі. В умовах, коли немає безперервного руху відвідувачів, глибина навіть невеликого архіву диска на 0,5 Тб може становити цілий місяць.

Аналіз сучасних форматів стиснення

Різні кодеки мають різний ступінь стиснення інформації вихідного файлу. До основних кодеків, що застосовуються в сучасних системах відеоспостереження, належать: H.264, H.265, MJPEG, MPEG4, Motion Wavelet, JPEG2000, MxPEG [6].

Кодеки можна поділити на два типи:

1. Покадрові – виконується стиснення кожного кадру (MJPEG, JPEG2000);
2. Міжкадрові – виконується стиснення послідовності зображень (H.264, H.265, Motion Wavelet, MPEG4, MxPEG).

Переваги покaдрових кодеків перед міжкадровими полягають в наданні чітких кадрів без артефактів і самий корінь логіки. Крім того, кожний момент можна чітко розглянути, а також немає залежності від ключових кадрів.

Переваги міжкадрових – менший розмір кадру і, як наслідок, зменшення необхідної пропускної здатності каналу.

MJPEG і JPEG2000

Недоліками MJPEG і JPEG2000 є більш низький коефіцієнт стиснення порівняно з кодеками H.264, MPEG4, Motion Wavelet, MxPEG, стиснення послідовності зображень і блокова структура даних (дроблення зображення на квадрати 8x8 пікселів).

Перевагою щодо (H.264, MPEG4) є те, що дає якісні стоп-кадри, що дозволяють з більшою ймовірністю, наприклад, з'ясувати номер автомобіля [6].

Переваги JPEG2000 перед MJPEG:

1. Зображення при високих ступенях стиснення не містять артефактів у вигляді «решітки» з блоків розміром 8x8 пікселів;

2. Забезпечується стиснення як з втратами, так і без втрат. Стиснення без втрат забезпечується шляхом використання зворотного вейвлет-перетворення;

3. Забезпечує ефективну організацію кодового потоку, що дозволяє переглядати файл з різною якістю.

MxPEG

На думку виробника (Mobotix), цей кодек дозволяє отримати зображення з якістю, характерною для покaдрових кодеків і розміром кадру (за малої інтенсивності руху), в кадрі, близькому до міжкадрових.

Алгоритм простіше ніж у H.264, відповідно ресурсів потрібно менше, а також простіше тим, що не намагається передбачати вміст опорних кадрів [6].

H.264 і MPEG4

Ефективність досягається за рахунок потужних математичних обчислень та вимагає більших обсягів обчислень, ніж інші кодеки. У результаті пристрої, що обробляють потоки H.264, мають володіти високою продуктивністю.

Другий нюанс, аналогічний MxPEG, – складне прогнозування потоку H.264. Завдяки таким особливостям кодування, як збереження в подальшому кадрі тільки змін попереднього, обсяг переданих даних залежить від зображення, що знімається і може змінюватися.

Недолік полягає в тому, що за рахунок використання попереджувальної логіки власне і дозволяє так зменшити середній розмір кадру, не всі кадри можуть бути придатними, наприклад, для ідентифікації [6].

H.264 і H.265

Стандарт стиснення відео HEVC (H.265) наступного покоління отримує перевагу над AVC (H.264) завдяки кращій ефективності стиснення. Це дозволяє на 30–50 % знизити швидкість передачі, але забезпечує таку ж якість відео.

У загальному випадку обсяг HDD можна підрахувати за такою формулою:

$$S = N \times F \times V \times T \times K_c \div K_i,$$

де S – шуканий обсяг простору, N – число записуючих каналів (відеокамер), F – розмір кадру, V – швидкість запису, T – час, протягом якого буде проводитися запис, K_c – коефіцієнт стиснення (залежить від формату стиснення), K_i – залежить від інтенсивності переміщення в кадрі (0,1–0,9).

1. Визначення розміру нестислого кадру

Розмір нестислого кадру – це твір ширини і висоти зображення в пікселях, помножений на глибину кольору. Розмір кадру не залежить від того, що зображено в кадрі, тобто розмір файлу без стиснення буде однаковий для будь-якого зображення.

Наприклад, для відеокамер з роздільною здатністю 704x576 отримаємо 405 504 пікселів.

Глибина кольору задається кількістю бітів, що використовуються для кодування кольору точки.

Для кодування чорно-білого зображення використовується 1 біт ($2^1 = 2$ кольори), для 16 кольорів – 4 біти, для 256 кольорів – 8 біт, для 16 мільйонів кольорів – 24 біти.

Сучасні IP-відеокамери відображають зображення з глибиною 24 біти [6].

Таким чином, розмір нестислого зображення буде дорівнювати $405\,504 \times 24 = 9\,732\,096$ біти, або 1 188 кбайт.

2. Визначення розміру стисненого кадру.

Розмір залежить від типу використовуваного кодека. Сучасні відеокамери підтримують, як правило, 2–4 формати стиснення з різним коефіцієнтом. Залежно від необхідних якісних характеристик відеопотоку (виявлення факту руху в кадрі, інтерпретація даних, подальша програмна обробка з автоматичним розпізнаванням тощо) настроюється потрібний коефіцієнт і, відповідно відношення якості / обсяг інформації.

3. Визначення необхідного місця на жорсткому диску для запису однієї відеокамери протягом необхідного терміну. Тут береться кількість кадрів за секунду (залежно від режиму роботи), перемножується на розмір нестиснутого кадру і на необхідний термін зберігання.

4. Визначення необхідного обсягу жорсткого диску для запису всіх відеокамер протягом певного терміну;

5. Для зручності сприйняття переводиться в КБ, Гбайти, Тбайти.

Крім того, при використанні детектора руху, а сьогодні без нього не обходиться жоден відеореєстратор, неможливо точно оцінити інтенсивність переміщення людей в кадрі. У цьому випадку необхідно враховувати параметр активності – від дуже високої активності (90 % часу запису) до дуже низької – 10 % [1].

Не слід забувати, що навіть при використанні детектора руху можна застосовувати настройки, що визначають добовий і тижневий режим запису. Звісно, що якщо об'єкт у вихідні не працює, то і запис по детектору теж здійснюватися не буде.

При виборі обсягу HDD варто звернути увагу на кілька факторів.

Історично склалася така ситуація, що з найменуванням «байт» некоректно (замість $1000 = 10$ в 3-му степені прийнято $1024 = 2$ в 10-му степені) використовували (і використовують) приставки СІ: 1 Кбайт = 1024 байт, 1 Мбайт = 1024 Кбайт, 1 Гбайт = 1024 Мбайт і т.д [7].

На сайті одного з американських виробників жорстких дисків викладено таку інформацію:

При вказівці ємності засобів зберігання даних 1 мегабайт (МБ) = 1 мільйон байтів, 1 гігабайт (ГБ) = 1 мільярд байтів, а 1 терабайт (ТБ) = 1 трильйон байтів. Загальна корисна ємність накопичувача залежить від операційної системи. При вказівці ємності кеш-пам'яті 1 мегабайт (МБ) = 1048576 байтів. При вказівці швидкості передачі даних 1 мегабайт в секунду (МБ/с) = 1 мільйон байтів в секунду, 1 мегабіт в секунду (Мб/с) = 1 мільйон бітів в секунду, а 1 гігабіт на секунду (Гб/с) = 1 мільярд бітів в секунду.

Таким чином, цей виробник вважає, що при визначенні ємності HDD, 1 Кбайт = 1000 байт, при визначенні швидкості передачі даних 1 Мб/с = 1 000 000 біт в секунду, при визначенні ємності кеш-пам'яті 1 Мб = $1024 \times 1024 = 1048576$ байт.

При покупці ноутбука або ПК ємність HDD, що задекларована, наприклад дорівнює 2 Тб, а сама Windows оперує «двійковими» (у вигляді степеня числа «2») гігабайтами: 1 Гб = 1024 Мб = 1048576 КБ. Таким чином, HDD з номіналом по ємності 2 Тб буде сприйматися в операційній системі як ~ 1,8 Тб. Коли мова йде про терабайт, реальна ємність буде менша за задекларовану виробником на 10 %.

Форм-фактор накопичувача

На сьогоднішній день вироблені HDD випускаються в форм-факторах 2,5" і 3,5". Вони можуть також позначатися аббревіатурами SFF і LFF. Виробники одного й іншого стандарту можуть застосовувати в своїх жорстких дисках пластини одного і того ж розміру – 2,5. З цієї причини і продуктивність, і ємність можуть бути однаковими. При цьому подальший розвиток накопичувачів відбувається на користь 2,5-дюймового формату, в той час, як кількість 3,5-дюймових постійно знижується. З економічної точки зору застосування більш 2-х пластин вважається не вигідним, а в 3,5" стандарті їх кількість доходила до 5 штук. Чим менше розміри жорсткого диска, тим більше таких накопичувачів можуть поміститися усередині серверного корпусу. І сьогодні ряд виробників пропонує покупцям використовувати 2,5-дюймовий HDD в корпусі 3,5-дюймового накопичувача. Завдяки точним прорахункам габаритів і роз'ємів виріб добре вентилюється, чим досягається надійність його в роботі і довга експлуатація [8].

Спосіб підключення і енергоспоживання

Кожен жорсткий диск може мати один з 2-х інтерфейсів, які належать до типу IDE або SATA. Що стосується першого, то зараз зустріти його в продажу досить важко. SATA – найбільш популярний і перспективний протокол, розрахований на швидкісну передачу даних. Незважаючи на те, що інтерфейс IDE вважається вже застарілим, його можна виявити на деяких бюджетних моделях, наприклад, на тих, що оснащені висувним ящиком для диска. Відомо, що системам відеомоніторингу доводиться функціонувати в режимі високих температур. Невелике енергоспоживання HDD дозволить замовнику заощадити кошти протягом експлуатації. Ряд сучасних накопичувачів, наприклад WD Purple, самостійно обчислюють оптимальну швидкість підведення головки і одночасно тримають невисокий рівень споживання енергії. В результаті знижується вібрація і шум навколишнього середовища, продовжуючи період служби самого диска. Чим більше HDD-накопичувачів буде в сервері, тим значнішими будуть витрати на енергоспоживання. Це пов'язано, як з потужністю їх блоків живлення, так і з обсягами тепловиділення: потрібно більше зусиль на охолодження і вентиляцію [8].

Швидкість обертання дискових пластин

Найчастіше з моделей, запропонованих на ринку, зустрічаються такі показники швидкості обертання: від 5400 до 15000 обертів за секунду. Серед найбільш популярних можна назвати диски з інтерфейсом SATA і швидкістю в 7200 обертів. Чим швидше обертаються пластини, тим більшою буде швидкість роботи накопичувача, тобто, ці характеристики пов'язані прямо пропорційно. Разом з тим, збільшення цього показника призводить до зростання шумів і вібрації. Також такі накопичувачі сильно перегріваються в процесі роботи. Ще один момент стосується тривалості експлуатації. Висока швидкість обертання призводить до підвищення температури накопичувача, внаслідок чого пластини швидше зношуються. Експерти називають оптимальною температурою в 35–45 °С для роботи диска. Перевищення цього порога призводить до посиленого зносу і відмови устаткування передчасно. До підвищеного зносу схильний і моторчик жорсткого накопичувача. Тому за температурою в HDD необхідно регулярно спостерігати.

Якщо перевищується температурний діапазон, потрібно забезпечити найпростіше примусове охолодження. Таким чином, отримавши жорсткий диск-накопичувач під конкретну модель відеореєстратора, слід враховувати сумісність їх за вимогами і технічними показниками. Крім обсягу пам'яті, важливими параметрами можна назвати довговічність служби і робочу температуру. Не завжди використовується за своїм призначенням і кеш-пам'ять. Варто пам'ятати про те, що такі диски працюють в умовах інтенсивного зносу, і тому вимагають профілактичного огляду кожні 1,5–2 роки.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Під час розрахунку HDD для відеоспостереження слід виходити з максимально необхідної тривалості запису і найкращої якості [9]. Якість зображення (ступінь стиснення) значною мірою впливає на ємність архіву. Використання детектора руху може дозволити заощадити місце на диску. Дуже часто, активуючи його налаштування за замовчуванням, отримується безперервний запис (постійний рух у кадрі, оскільки детектор реагує на найменші зміни, навіть на мерехтіння від лампи), що в результаті не призведе до економії місця. Використання змінного (VBR) бітрейта дає можливість істотно економити архів, але для цього потрібно знати, наскільки інтенсивний рух у кадрі, наскільки ефективно відпрацьовує кодек, чи немає зовнішніх перешкод (мерехтіння зображення від флуоресцентних ламп, гойдання дерев, опадів, шумів у нічний час) [10].

Список використаної літератури:

1. Електронні елементи та пристрої систем безпеки й охорони : навчальний посібник / Г.І. Барило, М.В. Вісьтак, З.Ю. Готра та ін. ; за ред. З.Ю. Готри. – Чернівці : Рута, 2017. – 216 с.
2. Пескин А.Е. Системы видеонаблюдения. Основы построения, проектирования и эксплуатации / А.Е. Пескин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 256 с.
3. Влодо Дамьяновски CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / Влодо Дамьяновски ; пер. с англ. – М. : ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006. – 480 с.
4. Ворона В.А. Технические средства наблюдения в охране объектов / В.А. Ворона, В.А. Тихонов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2011. – 184 с.
5. Гедзберг Ю.М. Охранное телевидение / Ю.М. Гедзберг. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 312 с.
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://evotrade.com.ua/ua/rozrahunok-arhivu-sistemi-videosposterezhenny>.
7. Кравчук С.О. Основы компьютерной техники: Компоненты, системы, сети : навч. посібник / С.О. Кравчук, В.О. Шонин. – К. : Каравела, 2012. – 296 с.
8. Локажук В.М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК : посібник для вузів / В.М. Локажук, Ю.Г. Савченко ; під ред. В.М. Локажука. – К. : Академія, 2004. – 376 с.
9. Кулешов С.В. Временной анализ активности видеопотока / С.В. Кулешов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – № 4, Т. 9. – С. 48–51.
10. Кулешов С.В. Критерии оценки энергетической эффективности компрессии видеопотока / С.В. Кулешов // Информационно-измерительные и управляющие систем. – 2010. – № 11, Т. 8. – С. 16–18.

References:

1. Barylo, G.I., Vis'tak, M.V. and Gotra, Z.Ju. (2017), *Elektronni elementy ta prystroi' system bezpeky j ohorony, navchal'nyj posibnyk*, in Gotra, Z.Ju. (ed.), Ruta, Chernivci, 216 p.
2. Peskin, A.E. (2013), *Sistemy videonablyudeniya. Osnovy postroeniya, proektirovaniya i ekspluatatsii*, Goryachaya liniya – Telekom, M., 256 p.
3. Dam'yanovski, Vlado (2006), *CCTV. Bibliya videonablyudeniya. Tsifrovye i setevye tekhnologii*, translated from English, ООО «Ai-Es-Es Press», M., 480 p.
4. Vorona, V.A. and Tikhonov, V.A. (2011), *Tekhnicheskie sredstva nablyudeniya v okhrane ob"ektov*, Goryachaya liniya-Telekom, M., 184 p.
5. Gedzberg, Yu.M. (2005), *Okhrannoe televidenie*, Goryachaya liniya – Telekom, M., 312 p.
6. [Online], available at: <https://evotrade.com.ua/ua/rozrahunok-arhivu-sistemi-videosposterezhenny>
7. Kravchuk, S.O. and Shonin, V.O. (2012), *Osnovy komp'juterno' tekhniki: Komponenty, systemy, merezhi, navchal'nyj posibnyk*, Karavela, K., 296 p.
8. Lokazjuk, V.M. and Savchenko, Ju.G. (2004), *Nadijnist', kontrol', diagnostyka i modernizacija PK*, posibnyk dlja vuziv, in Lokazjuk, V.M. (ed.), Akademiya, K., 376 p.
9. Kuleshov, S.V. (2011), «Vremennoi analiz aktivnosti videopotoka», *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistem*, No. 4, Vol. 9, pp. 48–51.
10. Kuleshov, S.V. (2010), «Kriterii otsenki energeticheskoi effektivnosti kompressii videopotoka», *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistem*, No. 11, Vol. 8, pp. 16–18.

Дубина Олександр Федорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3448-6072>.

Наукові інтереси:

– інтелектуальні відеосистеми та контроль управління доступом;

– цифрова обробка сигналів.

E-mail: Fedorovich_daf@ukr.net.

Нікітчук Тетяна Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-9068-931X>.

Наукові інтереси:

- інтелектуальні відеосистеми та контроль управління доступом;
- обробка та аналіз біомедичних сигналів;
- проектування, побудова та експлуатація біотехнічних систем.

E-mail: tnikitchuk@ukr.net.

Андрєєв Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-2601-1491>.

Наукові інтереси:

- моделювання та обробка інформації у радіотехнічних системах.

E-mail: oleks.andreyv@gmail.com.

Чухов Владислав Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0001-7782-9077>.

Наукові інтереси:

- радіовимірювання;
- пристрої НВЧ;
- антени.

E-mail: mps_cvv@ukr.net.

Морозов Дмитро Сергійович – старший викладач кафедри біомедичної інженерії та телекомунікацій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-0807-590X>.

Наукові інтереси:

- сучасні мережеві технології;
- SDN, SDR, CAE.

E-mail: morozovds@ztu.edu.ua.

Нікітчук Сергій Миколайович – заступник директора товариства з обмеженою відповідальністю «ДІВІКС».

Наукові інтереси:

- інтелектуальні відеосистеми;
- охоронна сигналізація та системи контролю управління доступом.

E-mail: smniki@ukr.net.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2021.