

В.Р. ВОРОНОВ, канд. техн. наук, В.І. ЗАБОЛОТНИЙ, канд. техн. наук, В.І. ЛИСКО

ВРАХУВАННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ У ТЕХНІЧНОМУ КАНАЛІ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ПОБІЧНИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ВИПРОМІНЮВАННЯМИ ВІДЕОТРАКТУ ПРИ РОЗНЕСЕНОМУ ПРИЙОМІ

Вступ

Національними стандартами України [1, 2], іншими нормативно-правовими документами системи технічного захисту (ТЗІ) передбачається здійснювати аналіз об'єктів електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ), ситуаційного плану, умов функціонування підприємства, установи, організації, оцінювати ймовірність прояву загроз інформації, підготовлювати засадничі дані для побудови окремої моделі загроз. До числа технічних каналів витоку інформації (ТКВІ) можна віднести ведення зацікавленою стороною рознесеного радіоприйому з метою покращання одержання слабких сигналів побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ) [3]. Оцінка можливостей ведення такої розвідки, як показує практика, може мати певні особливості, які, на думку авторів, необхідно враховувати при побудові окремої моделі загроз інформації.

Задля якісного аналізу і проектування комплексу ТЗІ необхідне математичне моделювання процесів ведення розвідки-захисту інформації на окремих імітаційних моделях, розробка яких базується на розробленій якійсній моделі.

Мета статті – обґрунтування необхідності урахування інтерференційної складової, яка впливає на поширення енергії побічних електромагнітних випромінювань відеотрактів засобів ЕОТ при їх рознесеному прийомі засобами розвідки.

Якісна модель ТКВІ ПЕМВ відеотракту при рознесеному прийомі

Дослідження процесів ведення розвідки-захисту для оцінки можливості витоку інформації технічними каналами доцільно розпочинати зі створення якісної моделі із визначенням структури, функціонального призначення і опису окремих елементів. Якісний опис у подальшому формалізується у математичній моделі елементів структури з метою їх всебічного дослідження.

Нехай об'єкт ЕОТ, який планується створювати, буде розташований у виділеному приміщенні певної споруди на певному поверсі. До складу об'єкту ЕОТ входить пристрій візуалізації з типовим відеотрактом, режим роботи якого можна встановлювати необхідним чином (роздільні характеристики, частота оновлення екрану тощо). Місце розташування і орієнтація монітору, з'єднувальні кабелі, системний блок, інші складові ЕОТ обрані за технічними умовами, зручними та необхідними для використання. Орієнтація вектора поляризації ПЕМВ у просторі невизначена і може бути розкладена на вертикальну і горизонтальну складові. ПЕМВ малоспрямовані у просторі.

Місце розташування ЗС відоме. Споруда ЗС може спостерігатися зовні практично безперешкодно. Споруди, інші місцеві предмети, що перешкоджають розповсюдженню ПЕМВ від об'єкту ЕОТ до ЗС, відсутні. Територія споруди ЗС недоступна для власника об'єкту ЕОТ.

Обмежень на характеристики обладнання радіо-, радіотехнічної розвідки (РРТР) для перехоплення ПЕМВ: антен, радіоприймачів, апаратури обробки і аналізу немає.

Орієнтація антен пристрою РРТР може адаптуватися під орієнтацію поляризації поля ПЕМВ для найкращого прийому.

Природно, що ЗС приховує факт ведення розвідки ПЕМВ. Тобто, наявність і розташування розвідувальних антен ЗС приховується. Приховане розташування антен, з мінімізацією ослаблення сигналу ПЕМВ конструкціями споруди ЗС, скоріш за все, може здійснюватися у віконних отворах приміщень ЗС. Можна припустити, що для виключення впливу розвідува-

льних антен ЗС одна на іншу вони рознесені на відстань не менш ніж відстань до сусіднього вікна.

Власник об'єкту ЕОТ не виключає можливості ведення ЗС рознесенного радіоприйому з метою покращання одержання слабких сигналів ПЕМВ [3].

При проектуванні комплексу ТЗІ об'єкту ЕОТ виставлені умови урахування можливості ведення перехоплення ПЕМВ відеотракту зацікавленою стороною (ЗС).

Модель джерела ПЕМВ відеотракту

У якості моделі джерела ПЕМВ обрано модель відеотракту [3], яка призначена для оцінювання рівнів ПЕМВ моніторів ЕОТ і базується на використанні тестових сигналах типу «меандр». Величина довжини імпульсу τ обирається з мінімальним значенням – розміром одного пікселю на екрані монітору. Період повторення тестового імпульсу – 2τ .

З прийнятих умов мінімальна ширина спектру, необхідного для відтворення інформаційного сигналу, визначається як $\Delta f_\tau = 1/\tau$.

Наведене дає змогу визначити параметри тестових сигналів, а саме їх гармонік в ОТЗ за відомим виразом рядом Фур'є:

$$G_i = A |\sin(\pi i/2)/(\pi i/2)| * C_s, \quad (1)$$

де A – амплітуда імпульсу; i – номер гармоніки тестового сигналу монітору ($i=1, 2, \dots, L$); G_i – амплітуда i -ї гармоніки тестового сигналу; C_s – коефіцієнт впливу форми фронтів і спадів імпульсів на спектр ПЕМВ.

Підхід до визначення C_s , що наведений у [4], враховує вплив форми та довжини фронтів і спадів на величину гармонік спектру тестового сигналу ПЕМВ особливо з великими номерами i . Короткі і різкі переходи від нульового до максимального рівня сприяють збільшенню амплітуд гармонік високих номерів, а протяжні і плавні переходи – зменшенню.

Діаграма спрямованості ПЕМВ – малоспрямована. У подальшому значення нормованих діаграм спрямованості на різних гармоніках у різних кутах місця та азимутах прийняті за 1. Таке припущення підтверджується практикою діяльності вимірювань рівнів ПЕМВ у обмежених секторах кутів розповсюдження сигналів у напрямі до ЗС.

Модель розповсюдження ПЕМВ від об'єкту ЕОТ до ЗС

Ситуація захисту ПЕМВ малої потужності, у зоні прямої видимості, коли відстань до місця можливого розташування апаратури РРТР мала і кривизною Землі можна зневажити, приводить до випадку оцінки поширення електромагнітної хвилі над плоскою поверхнею [5]. Доцільність розгляду такої ситуації показана в [6]. Суть цього лежить у явищі складання прямого випромінювання від ЕОТ з відбитим від земної поверхні. Різниця довжин шляхів проходження цих сигналів може привести, у крайніх випадках, як до складання гармонік сигналів у фазі, що підвищує їх рівень, так і у профазі, яке приводить до зменшення сумарного сигналу. Це викривляє вихідний спектр сигналу на вході антен РРТР за рахунок інтерференції сигналів. До речі, наведене явище також приводить і до зміни спектру сигналу перешкод засобів активного захисту (ЗАЗ) від РРТР, яке необхідно враховувати при оцінці ефективності таких перешкод.

Таким чином, до моделі зменшення рівня сигналу ПЕМВ за законом $1/r$ додається інтерференційний множник V , величина якого може обмежуватися значеннями від 0 до 2. Це важливо враховувати як для небезпечного сигналу ПЕМВ, так і для створюваних перешкод ЗАЗ.

Вихідна для аналізу ситуація представлена на рис. 1.

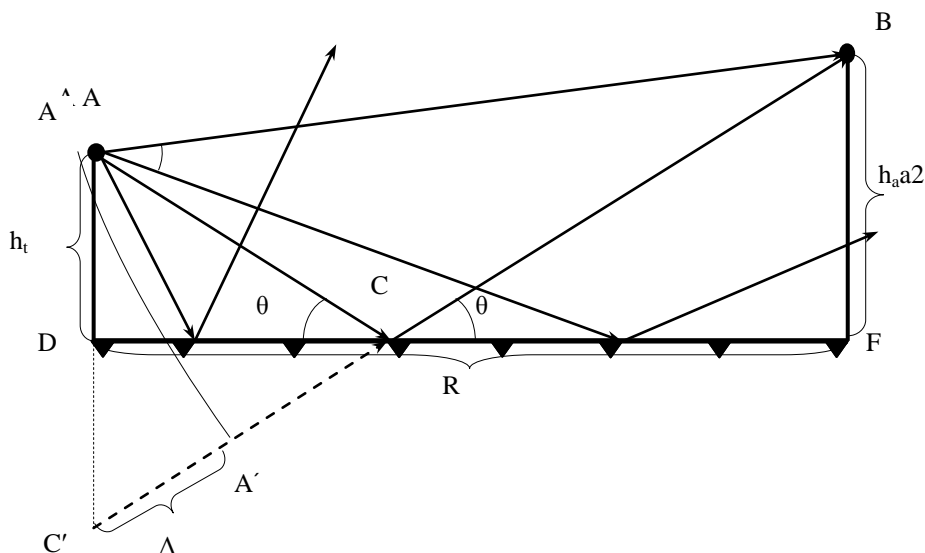


Рис. 1. До визначення впливу плоскої Землі на дальність РРТР

Направленість ПЕМВ невисока. Рівень прямого сигналу і сигналу, що спрямований на область відбиття на землі на антену РРТР, вважається однаковим. В залежності від значення кута падіння θ і електродинамічних характеристик ґрунту модуль коефіцієнту відбиття Φ і його фаза β може приймати певні значення, які відповідним чином встановлюються у довідковій літературі.

В точку В приходять дві хвилі: пряма хвиля, яка розповсюджується по шляху АВ, і хвиля, яка віддзеркалена від земної поверхні. В точці С (рис. 1) обидві хвилі складаються. Таким чином, складові гармонік ПЕМВ інтерферують (як збільшуються, так і зменшуються) в точках розташування антени РРТР. Це явище можна характеризувати інтерференційним множником V .

В [5] наведено докладний вивід величин інтерференційного множника послаблення V хвиль:

$$V = \sqrt{1 + |\Phi|^2 + 2|\Phi| \cos\left(2\pi \frac{\Delta}{\lambda} + \beta\right)} \quad (2)$$

Φ – коефіцієнт відбивання хвилі; β – фаза коефіцієнту відбивання; Δ – різниця шляхів проходження прямої та відбитої хвилі.

Даний вираз має два аргументи Φ та β , які можуть бути суттєво різні для горизонтальної та вертикальної поляризації полів ПЕМВ.

Оскільки поляризація ПЕМВ не визначена, то доцільно розглядати дві ортогональні поляризації і, відповідно, два інтерференційних множники V_2 та V_e :

$$V_e = \sqrt{1 + |\Phi_e|^2 + 2|\Phi_e| \cos\left(2\pi \frac{\Delta}{\lambda} + \beta_e\right)}, \quad (3a)$$

$$V_2 = \sqrt{1 + |\Phi_2|^2 + 2|\Phi_2| \cos\left(2\pi \frac{\Delta}{\lambda} + \beta_2\right)}. \quad (3б)$$

Тоді узагальнений множник V через ортогональності полів складових можна представити у вигляді

$$V = \sqrt{V_2^2 + V_e^2}. \quad (4)$$

Значення величин $\Phi_e, \beta_e, \Phi_g, \beta_g$ залежать від кутів відбиття θ , електричних параметрів земної поверхні. В свою чергу, згадані величини залежать від температури, вологості тощо. На рис. 2 наведені графіки, які ілюструють величини $\Phi_e, \beta_e, \Phi_g, \beta_g$ для різних ґрунтів.

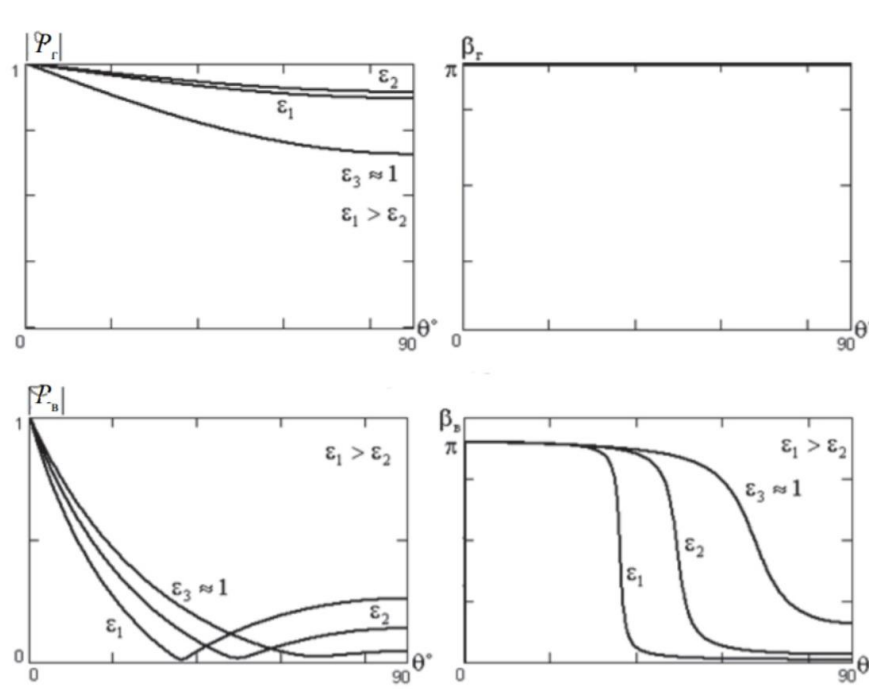


Рис. 2. Графічне представлення $\Phi_e, \beta_e, \Phi_g, \beta_g$ від кута відбиття θ та стану поверхні, що відбиває.

Модель розташування антен РРТР на об'єкті ЗС

Місце розташування кожної антени РРТР на об'єкті ЗС, як зазначено вище, суттєво впливає на рівень прийнятого сигналу.

По-перше, в залежності від різниці фаз прямого і відбитого сигналів. Різниця фаз залежить від співвідношення різниці шляхів проходження прямої та відбитої хвилі та довжини хвилі гармоніки тестового сигналу.

По-друге, від значення величини модуля коефіцієнта відбиття Φ . Ця величина визначається величиною поглинання енергії електромагнітного поля речовиною поверхні, що відбиває.

І, по-третє, від кута коефіцієнта відбиття β . Це значення визначається реактивною складовою коефіцієнта відбиття Φ .

Означене дає підставу для обов'язкового дослідження величин можливих значень інтерференційного множника V при оцінці рівня як небезпечного сигналу, так і рівня сигналу перешкод засобів активного захисту.

Завдання моделі – визначити різницю хода прямого і відбитого променів Δ та кут відбиття θ .

Модель базується на очевидних геометричних співвідношеннях взаємного положення джерела ПЕМВ і антени РРТР.

Для практичного моделювання характеристик середовища розповсюдження можна використовувати їх графічне представлення (рис. 2).

Діапазон можливих значень кутів відбиття θ , для обрання області моделювання можна визначити з очевидного виразу $\theta = \arctg((h_t + h_a)/R)$. Реально це діапазон кутів $1 - 60^\circ$.

Для багатьох випадків, що трапляються у практиці ТЗІ, антени РРТР можуть розташовуватися у вікнах фасадної або бічної сторони споруди ЗС. Нескладно, за наявності (фотографічного) зображення відповідної сторони споруди ЗС визначити висоти нижніх і верхніх

частин вікон (з певною точністю, що може бути і не досить критично), розташування рядів вікон одне над одним та їх ширину.

Надалі припускається, що антена РРТР може бути розташована у будь-якій точці площині вікна. Таким чином, можна визначити можливу висоту розташування антени, проекцію відстані між ЗОТ і антеною, кут відбиття ПЕМВ.

В роботі пропонується один із варіантів аналітичних виразів, за якими можна проводити означені розрахунки. Вихідні дані для цього:

R_t – відстань від ЗОТ до площини стіни (до точки T), що співпадає з фасадом (бічною стіною) споруди ЗС, де можуть бути розташовані антени;

x_w – відстань до середини w -го вікна від точки T ;

w – номер вікна у поверсі ($w = 1, \dots, W$);

b – ширина віконного отвору;

h_a – висота вікна a -го поверху ($a = 1, \dots, A$) над поверхнею землі;

s – висота віконного отвору;

a – номер поверху.

Таким чином, можна визначити проекцію відстані між ЗОТ і антеною РРТР w -го вікна:

$$R_w = \sqrt{R_t^2 + (x_w + b(\xi - 1))^2}, \quad (5)$$

де ξ – випадкова величина в межах 0 – 1.

Висота розташування антени на a -му поверсі може бути визначена за виразом

$$h_{ra} = h_a + \xi s \quad (6)$$

Ілюстрація ситуації для визначення місця розташування антен РРТР наведена на рис. 3



Рис. 3. Схема врахування розташування об'єкту ЕОТ та ЗС

Означене дозволяє провести розрахунки кута відбиття θ для відповідної антени, розташованої на a -му поверсі у w -му вікні як

$$\vartheta_{aw} = \arctg \frac{h_t + h_{ra}}{R_w}. \quad (7)$$

Різницю ходу прямого і відбитого променів Δ для відповідної антени, розташованої на a -му поверсі у w -му вікні, можна визначити за виразом

$$\Delta_{aw} = R_w \left(\sqrt{1 + \left(\frac{h_t + h_{ra}}{R_w} \right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{h_t - h_{ra}}{R_w} \right)^2} \right). \quad (8)$$

Розрахунок інтерференційного множника ПЕМВ

Одержані вирази дозволяють запропонувати алгоритм оцінки можливих значень інтерференційного множника V .

1. Визначається точка розташування ЗОТ (висота h_T).
2. Визначається положення антени РРТР за висотою h_a (за номером поверху a , розташуванням антени у вікні за висотою – формула (6)).
3. Визначається проекція відстані від ЗОТ до антени РРТР в горизонтальному напрямі (за номером вікна w , положенням антени у вікні по горизонталі – формула (5)).
4. Визначається значення кута відбиття θ_{aw} для відповідної антени, розташованої на a -му поверсі у w -му вікні за формулою (7).
5. За графіками рис. 2 визначаються величини $\Phi_e, \beta_e, \Phi_s, \beta_s$.
6. За формулою (8) обчислюється величина Δ_{aw} .
7. За формулами (3а), (3б) розраховуються два інтерференційних множники V_2 та V_6 для відповідної антени.
8. За формулою (4) визначається узагальнений множник V для відповідної антени.
9. Подальше прийняття рішення щодо захисту ПЕМВ від розвідки здійснюється за результатами розрахунків для вільного простору, де поле ПЕМВ змінюється за зворотною залежністю від відстані, з урахуванням впливу узагальненого множника V .

За наведеним алгоритмом і даними в якості приклада проведено моделювання значень множника V . При моделюванні використано метод Монте-Карло [7]. Для зручності аналізу одержаних даних величини множника V надані у дБ (рис. 4).

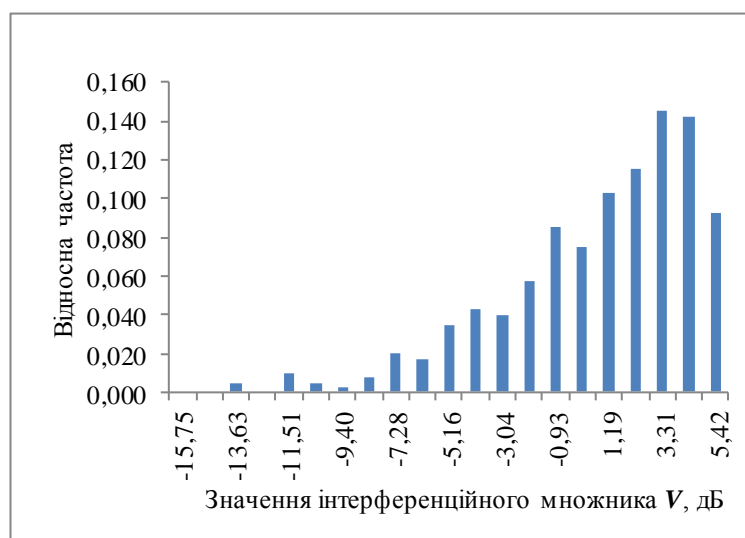


Рис. 4. Можливі значення інтерференційного множника при моделюванні методом Монте-Карло

Одержані значення мають розкид порядку 15 дБ. Така ситуація повинна обов'язково враховуватися при подальших діях з планування заходів захисту.

Оцінка впливу інтерференційного множника розповсюдження ПЕМВ при рознесеному прийомі

Можна запропонувати наступну схему дослідження впливу інтерференційного множника розповсюдження ПЕМВ при рознесеному прийомі.

На рівень сигналу, що сприймає кожна з антен РРТР, впливають ослаблення рівня сигналу за рахунок відстані між ЗОТ і антеною РРТР та інтерференційний множник, величина якого залежить від відстані, висот ЗОТ і антен РРТР над поверхнею землі та електродинамічних характеристик земної поверхні.

Оскільки прийнято, що місце розташування ЗС відоме та фіксоване, то на рівень прийнятого сигналу впливає лише інтерференційний множник V , що приведе до зміни відношення сигнал/шум Δ – у кожному каналі засобу РРТР зміниться у V раз.

При врахуванні можливості ведення ЗС рознесеного радіоприйому з метою покращення одержання слабких сигналів ПЕМВ [3] вираз загального відношення сигнал/шум Δ_{Σ} можна записати як

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{\sum_i \sum_j \Delta_{ji} V_{ji}}{\sqrt{J}}, \quad (9)$$

де Δ_{ji} – відношення сигнал/шум на j -му каналі на i -й гармоніці прийому; V_{ji} – інтерференційний множник j -го каналу на i -й гармоніці прийому; J – число можливих каналів прийому апаратури РРТР ЗС.

Висновки

Вплив інтерференційного множника приводить до суттєвої невизначеності дальності розповсюдження ПЕМВ засобів ЕОТ. Застосування рознесеного прийому зацікавленою стороною дозволяє покращити розвідку ПЕМВ і збільшити ймовірність успішного рішення задачі перехоплення. Це підтверджує необхідність враховувати технічний канал витоку інформації за рахунок застосування рознесеного прийому зацікавленою стороною.

Запропоновано моделі елементів середовища поширення сигналу у ТКВІ для кількісної оцінки можливості розвідки ПЕМВ в умовах прояву інтерференції.

Визначено підхід для оцінки загального відношення сигнал/шум у ТКВІ рознесеного радіоприйому ПЕМВ засобів ЕОТ.

Запропоновано підхід з визначення обмежень кількості каналів рознесеного прийому, які доцільно враховувати при моделюванні дії засобів розвідки.

Список літератури:

1. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення. ДСТУ 3396.0-96.
2. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ Захист інформації. Технічний захист інформації. Порядок проведення робіт. ДСТУ 3396.1-96.
3. Воронов В.Р., Заболотний В.І., Лиско В.І. Модель технічного каналу витоку інформації побічними електромагнітними випромінюваннями відеотракту при рознесеному прийомі // Прикладна радіоелектроніка. 2019. Т. 18. №3,4. С. 208-213.
4. Заболотний В.І., Герасименко Є.В., Перепадя В.І. Дослідження змін форми сигналу у каналі побічних електромагнітних випромінювань монітору // Радіотехніка. 2014. Вып. 176. С. 116-121.
5. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие. 3-е изд. Москва : Наука, 1989. 543с.
6. Заболотний В.І., Ясиновий С.Ю. Дослідження спектрів побічних електромагнітних випромінювань дискретних імпульсів сигналів в умовах впливу навколишнього середовища // Прикладна радіоелектроніка. 2009. Т. 8. №3. С. 359-365.
7. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. М. : Наука, 1973. 312 с.

Надійшла до редколегії 07.09.2020

Відомості про авторів:

Воронов Віктор Романович – канд. техн. наук, Департамент захисту інформації Адміністрації Держспецзв'язку, e-mail: dzi@dsszzi.gov.ua.

Заболотний Володимир Ілліч – канд. техн. наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри безпеки інформаційних технологій, факультет комп'ютерної інженерії, Україна, e-mail: volodymyr.zabolotnyi@nure.ua.

Лиско Віктор Іванович – Харківський національний університет радіоелектроніки, магістрант, кафедра безпеки інформаційних технологій, факультет комп'ютерної інженерії, Україна, e-mail: viktor.lysko@nure.ua.