

РОЗРАХУНОК FSO-СИСТЕМ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕГІОНУ ЇХ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РЕАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Конахович Г. Ф., Підтоптана А. О., Карпов А. В., Корчук В. І., Бабенко В. М.

Національний авіаційний університет

kszi@ukr.net

Наведено деякі відмінності під час розрахунків на встановлення атмосферних оптичних ліній зв'язку у різних регіонах на прикладі Києва і Москви, що може призвести до негативних результатів функціонування системи порівняно з очікуваними.

It is presented some differences at calculations on installation of atmospheric optical communication circuits for different locales on an instance of Kiev and Moscow. It can to lead to the worst effects of operation of system on matching from the expected.

Постановка проблеми

Нові відкриття в галузі телекомунікацій втілюються у різних методах бездротової передачі даних. Такими є і атмосферні оптичні лінії зв'язку, які ще не мають однієї назви, проте відомі, як FSO (Free Space Optics), АОЛЗ (атмосферні оптичні лінії зв'язку), ЛЛП (лазерні лінії передачі) та ін. Найчастіше їх застосовують для розгортання мереж корпорацій, різних корпусів однієї організації, також на важкодоступних ділянках, де прокладання оптоволоконних технологій є невігідним або неможливим.

Метою є проектування мережі для Національного авіаційного університету, але перш ніж приймати рішення про придбання тієї чи іншої апаратури, потрібно провести ряд розрахунків.

© Г.Ф. Конахович, А.О. Підтоптана, А.В. Карпов, В.І. Корчук, В.М. Бабенко, 2009

У глобальній мережі розрахунки на встановлення FSO-систем проводяться для російських регіонів, але зовсім відсутні для українських. Клімат цих країн дещо відрізняються, а у деяких районах досить істотно.

Це зумовлює за собою ряд негативних наслідків, адже за відсутності точної інформації часто трапляються грубі порушення, у результаті чого система не виправдовує себе і ефективність безпроводного зв'язку стає міфом.

Це свідчить про те, що навіть така деталь, як метеорологічні показники має бути врахованою, а інакше, у процесі проектування локальної мережі буде дарма витрачено трудові і матеріальні ресурси.

Аналіз досліджень та публікації

На сьогодні неодноразово ставилося питання щодо неефективності FSO-систем, зокрема, через низьку поінформованість користувача постачальниками обладнання щодо дійсних відстаней передачі, особливостей встановлення систем, умов роботи, а також неврахування таких елементів, як відмінність метеорологічних показників регіонів, що унеможливило отримання очікуваних результатів щодо надійності цього методу передачі даних у цілому.

Публікація щодо відмінностей метеорологічних даних між українською та російською столицями (як приклад до подальших розрахункових досліджень) і їх вплив на роботу атмосферної оптики приводиться вперше.

Постановка завдання

Мета статті — оптимізація широкого використання атмосферних оптичних ліній зв'язку в Україні шляхом коригування раніше наведених уявлень про простоту розрахунків дієвості системи, зокрема, відмінностей між метеорологічними показниками, які вважаються приблизно однаковими, що робить побудову АОЛЗ стандартизованою і мало дієвою.

Кількість тих чи інших опадів може впливати на використання певного виду лазера, ширини пучка, кількості модулів тощо, тому дослідження цієї роботи спрямовані саме на привернення уваги до цієї проблеми.

Результати досліджень застосовуватимемо для побудови запланованої мережі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Зважаючи на поставлену проблему відсутності уточнених умов задовільної передачі сигналу шляхом атмосферних оптичних ліній зв'язку, розглянемо метеорологічні показники Києва і Москви, які дещо відрізняються.

Наведемо порівняльні характеристики:

Норма опадів для Києва становить 621—650 мм на рік [1], [2], для Москви — 705—869 мм [3]. Хоча показники туманності в Києві дещо вищі — 34 дні на рік [4], порівняно з Москвою, де цей показник сягає 31 день [5].

Завадою на шляху лазерного променя також є сніг. Його теж варто внести до порівняльних характеристик.

Для Москви кількість днів зі снігом 117 днів [6], тоді як для Києва — 81 [4].

У Києві кількість дощових днів — 140 днів [7], тоді, як у Москві — 151 день [6].

Навіть за кількістю хуртовин Київ має менший показник — 10 днів на рік [4], у той час, як у Москві — 11 [6].

Для кращого сприйняття різниці занесемо ці показники до порівняльної таблиці (табл. 1)

Таблиця 1

Порівняльна характеристика кількості опадів для Києва та Москви

	Київ	Москва
Норма опадів, мм	621—650	705—869
Туманність, днів	34	31
Сніг, днів	81	117
Дощ, днів	140	151
Хуртовина	10	11

Як видно, Київ за показниками програє лише в разі туманності (на 3 дні). Але, наприклад, показник норми опадів (що вищі в Москві) і загалом їх характер може вплинути на проект індивідуальної розробки системи передачі, дезінформувати виробника щодо потреб замовника. Розглянемо таблицю послаблення випромінювання залежно від певних погодних умов (табл. 2).

Таблиця 2

Послаблення випромінювання в діапазоні 0,85 мкм залежно від погодних умов

Погодні умови	Загасання, Дб/км
Ясна погода	0 — 3
Слабкий дощ	3 — 6
Сильний дощ	6 — 17
Сніг	6 — 26
Легкий туман	20 — 30
Густий туман	50 — 100

Ці умови впливають на відстань передачі. На графіку (рис. 1) простежимо, як змінюється відстань передачі відносно інтенсивності дощу. Крива залежності від інших погодних умов носитиме такий самий спадний характер, але може бути більш плавною.

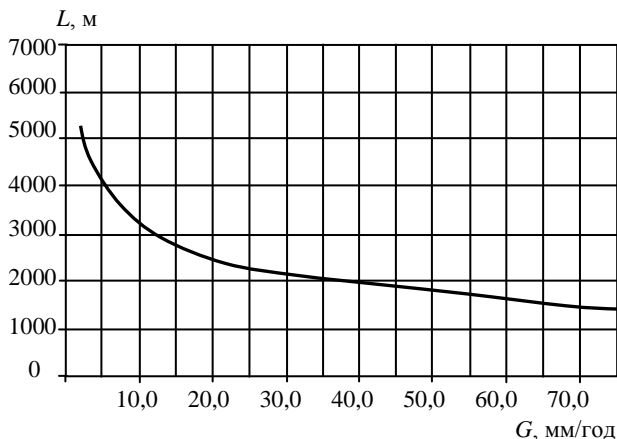


Рис. 1. Середнє значення робочих дистанцій

залежно від інтенсивності дощу:

$L, м$ — відстань між прийомо-передавачами;

$G, мм/год$ — інтенсивність опадів

Область, що знаходиться під лінією на графіку, визначає робочі зони оптичних систем.

Крива — це усереднена поведінка кривої, оскільки існують як більш сприятливі до атмосферних чинників системи, так і менш сприятливі.

Виробники і провайдери прагнуть до вільного встановлення обладнання навіть особами, що не є фахівцями у цій галузі. Але від правильного встановлення залежить багато чого. Наприклад, визначальним фактором надійності зв'язку системи АОЛЗ є погодні умови у місці її розташування, адже під впливом атмосфери відбувається ослаблення променя. До атмосферних втрат належать ще геометричні втрати сигналу, що залежать від протяжності лінії і кутового розходження випромінювання. На поширення лазерного променя значно впливає виявляє також турбулентність атмосфери, тобто випадкові просторово-часові зміни показника заломлення, що викликано переміщенням повітря, флуктуаціями його температури і щільності.

Чим більший запас потужності системи, тим менше погодні умови впливають на працездатність лінії.

Сумарні втрати P_v у каналі можна розрахувати за формулою:

$$P_v = P_{\text{опт}} + P_{\text{атм}} + P_{\text{в.пр}},$$

де $P_{\text{опт}}$ — втрати оптичного узгодження; $P_{\text{атм}}$ — загасання сигналу в атмосфері; $P_{\text{в.пр}}$ — втрати в приймачі.

Із усіх складових тільки величина $P_{\text{в.пр}}$ не залежить від відстані між оптичними блоками і для більшості систем знаходиться в діапазоні від 1 до 2 дБ. Дві інші величини, окрім прямої залежності від відстані, залежать від кута, в якому поширюється потік, розміру лінз приймача (для $P_{\text{опт}}$) та від фізичних характеристик атмосфери (для $P_{\text{атм}}$).

При дуже великому куті розходження різко збільшуються втрати $P_{\text{опт}}$, а при малих кутах — системи стають чутливими до тремтіння атмосфери в жаркий період і до стабільності положення опор. Якщо для компенсації останньої можна застосовувати системи автокореляції положення, то позбутися впливу тремтіння атмосфери можна тільки розширюючи промінь. Таким чином, оптимальна величина цього кута лежить у межах від 2 до 10 мрад.

Очевидно, що для нормальної роботи каналу необхідно, щоб енергетичний запас оптичного каналу був більшим за сумарні втрати в каналі:

$$P_{\text{оп.к}} > P_v.$$

Енергетичний запас $P_{\text{оп.к}}$ можна розрахувати за формулою:

$$P_{\text{оп.к}} = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}},$$

де $P_{\text{пер}}$ — рівень потужності випромінювання передавача; $P_{\text{пр}}$ — рівень потужності випромінювання на вході приймача.

Ці показники також не можна ігнорувати, їх необхідно враховувати при виборі обладнання.

Для оцінювання втрат потужності можна використовувати:

$$P_{\text{lost}} = 10 \log \left(\frac{\angle \lambda l}{D} \right),$$

де $\angle \lambda$ — кут розбіжності променю, рад; l — відстань до приймача, м; D — діаметр приймача, м.

Фізичними межами, що обмежують точність вимірів, вважають: відносну похибку довжини хвилі лазера у вакуумі 10^{-10} ; показник заломлення повітря — 10^{-8} (хоча основними факторами, що впливають на нестабільність показника заломлення повітря, є температура, вологість і тиск, які можуть значно відрізнятися від заданого); а фізичними межами точності виміру довжини: 0,01 мкм для великих відстаней і 1 нм — для малих.

Отже, ігнорування таких елементів, що на перший погляд можуть бути неістотними і апроксимованими, спричинить грубі помилки наприкінці розрахунків.

Основним параметром, що описує процес взаємодії оптичного випромінювання з атмосферою, є метеорологічна дальність видимості (МДВ). Це відстань, на якій світло з довжиною хвилі 0,55 мкм слабшає в 50 разів (на 17 дБ).

Статистичним параметром погоди для конкретного географічного місця, що визначає надійність зв'язку, є частка часу за рік, протягом якого МДВ менша заданої величини.

Для визначення доступності лінії зв'язку із заданою довжиною необхідно знати вірогідність того, що величина втрат потужності сигналу, викликана аерозольним розсіянням, не перевищить значення динамічного діапазону D_L системи:

$$D_L = \frac{L \ln(s)}{Sm}.$$

Наприклад, при МДВ = 1000 м визначимо, як буде змінюватися ця ймовірність:

$$D_L = e^{\frac{L \ln(s)}{1000}},$$

де L — відстань між приймачем і передавачем.

Задаватимемо різні відстані, щоб прослідкувати закономірність:

	100	0,741
	200	0,549
	300	0,407
$L =$	400	$DL =$ 0,302
	500	0,224
	600	0,166
	700	0,123

Це результат, із якого можна зробити висновок, що при відомому показнику МДВ, знаючи приймально-передавальну відстань, можна з точністю визначити небезпеку перевищення втрат потужності над динамічним діапазоном системи.

Ним у жодному разі не слід нехтувати.

Оброблення статистичних даних метеорологічних спостережень дало змогу встановити емпіричну залежність цього параметра від відстані.

Співвідношення справедливе для МДВ, менше за 17 км:

$$W(L) = a_i L b_i,$$

де $W(L)$ — ймовірність настання погодних умов, за яких МДВ менше відстані L ; L — відстань, км; a_i, b_i — константи для конкретної географічної точки.

Ці показники встановлюються за період спостереження в декілька років.

На жаль, для Києва таких показників не введено, тому ця формула застосовуватися не може.

Таке співвідношення може стати корисним під час встановлення систем, коли буде відомою фіксована величина L .

Відсутність формули у цілій системі обчислень не вплине на результат перевчи сигналу, проте дасть можливість більшою мірою розуміти настання погодних загроз.

Останнім часом на ринку телекомунікацій сумнівна реклама FSO-систем. Її сумнівність полягає у «надто ідеальних» параметрах передачі, таких як «забезпечення бездротової комунікації на відстані до 5000 м зі швидкістю Гігабіт Ethernet, хороші показники надійності в самих екстремальних погодних умовах, робота систем від без «затримок» тощо.

На це з легкістю можуть повестися ті, що прагнуть до встановлення сучасної бездротової апаратури передачі зв'язку, при цьому не маючи достатніх, або жодних даних про умови передачі лазера в атмосфері. Слід бути надзвичайно обачними, а особливо тоді, коли йдеться про величезні збитки споживача, що пішов на цей крок.

Висновки

У роботі було проведено дослідження атмосферних оптичних ліній зв'язку, відомих ще як FSO, що засвідчили унеможливлення використання однакових атмосферних умов для регіонів, які, здавалося б, розміщені недалеко або поруч один від одного, на прикладі Києва і Москви.

Було побудовано таблицю, в якій зобразили відмінність атмосферних явищ цих двох міст.

На перший погляд, привернення уваги до такої невеликої різниці може спантеличити, але насправді навіть такий фактор приведе до наближених розрахунків, у той час, коли замовнику необхідно розрахувати і змодельовати найбільш точну систему, що може значно вплинути на ви-

рішення реалізації ліній зв'язку шляхом атмосферної оптики.

Наразі це обладнання не користується в Україні такою популярністю, як, наприклад, в Росії чи в Західній Європі.

Не виключно, що причиною цього може слугувати розчарування споживача інсталяцій через невиконання обіцянки поставником послуг.

До цього може призвести елементарне неврахування мінімальної зміни кліматичних і атмосферних умов (а саме вони і є середовищем передачі).

Враховуючи всі обставини, можна змоделювати мережу для Національного авіаційного університету, що стане важливим кроком переходу до новітніх методів забезпечення зв'язку.

ЛІТЕРАТУРА

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Київ>
2. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Київ>
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Москва#.D0.9A.D0.BB.D0.B8.D0.BC.D0.B0.D1.82>
4. <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Kyiv/>
5. http://www.meteoweb.narod.ru/artc/climat_mos.html
6. <http://pogoda.ru.net/climate/27612.htm>
7. <http://pogoda.ru.net/climate/33345.htm>
8. *Миллинкис Б.* Атмосферная лазерная связь / Б. Миллинкис, В. Петров. — М. : Техносфера, 2000. — 240 с.
9. *Михайлов И. В.* Атмосферные оптические линии связи с повышенной помехоустойчивостью / И. В. Михайлов. — М. : Мир, 1998. — 350 с.

Стаття надійшла до редакції 18.01.10.