

В.П. Манойлов, д.т.н., проф.  
В.В. Чухов, к.т.н., доц.  
В.В. Ципоренко, к.т.н., доц.  
О.І. Прилипко, к.ф.-м.н., доц.  
А.В. Корніюк, ст. викладач  
А.Л. Ільченко, аспірант  
Державний університет «Житомирська політехніка»  
Н.М. Карашук, к.т.н., доц.  
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова

## Кут конуса дискоконусної антени: теорія та практика

При розрахунку розмірів дискоконусної антени цікавим моментом є вибір кута конуса. Як оптимальне зазвичай пропонується значення цього кута у 30 градусів. Аргументація на користь такого вибору практично не наводиться.

У роботі проведено теоретичні та експериментальні дослідження впливу кута конуса на вхідний опір дискоконусної антени. Показано, що на підставі цього у значній частці публікацій щодо вибору значення кута конуса зазвичай вказують інтервали від 20 до 40 градусів, а як найкраще пропонує значення цього кута у 30 градусів. Це впливає з того, що саме за таких значень легко забезпечити вхідний опір такої антени 50 Ом, тобто напряму підключати її до коаксіального кабелю з хвилевим опором у 50 Ом.

Це підтверджено експериментально, тобто, що кут конуса, близький до 30 градусів, дозволяє отримати значення вхідного опору, максимально близьке до 50 Ом.

Також показано, що при значенні КСХН на рівні 2 можливий інтервал значень кута конуса становить орієнтовно від 17 до 37 градусів, а при рівні 1,5 – від 23 до 34 градусів.

**Ключові слова:** дискоконусна антена; вхідний опір антени; кут конуса.

**Актуальність теми.** Є чимало практичних конструкцій дискоконусних антен. При розрахунку розмірів дискоконусної антени цікавим моментом є вибір кута конуса [1]. Як оптимальне зазвичай пропонується значення цього кута у 30 градусів. Найбільша частка публікацій такого характеру просто пропонує інтервали значень цього параметра (зазвичай у межах від 20 до 40 градусів), а як найкраще пропонують значення цього кута у 30 градусів [1, 5–7, 10]. Аргументація на користь такого вибору практично не наводиться. Тому цей момент потребує глибшого дослідження.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори.** Дискоконусні антени є одними з найпоширеніших широкосмугових антен [1–10]. Вони легко перекривають смугу частот, у якій відношення крайніх частот становить 3:1, а за потреби і більше [1]. В азимутальній площині вони мають колову діаграму направленості, їхній вхідний опір близький до 50 Ом, легко узгоджуються з коаксіальними кабелями [1]. Тому вони набули широкого розповсюдження у системах радіозв'язку різного призначення, системах радіомоніторингу тощо [1–10].

Схематично будову такої антени показано на рисунку 1 [1, 4].

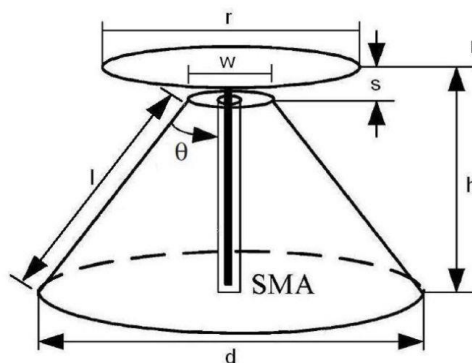


Рис. 1. Схематичне зображення дискоконусної антени [1, 4]

При розрахунку розмірів дискоконусної антени цікавим моментом є вибір кута конуса  $\theta$  [1]. Відомо [1–10], що кут конуса  $\theta$  впливає на значення вхідного опору такої антени, змінюючи його у широких межах. Оскільки вхідний опір дискоконусних антен близький до 50 Ом, вони легко узгоджуються з коаксіальними кабелями [1], то логічно припустити, що саме таке значення кута конуса і забезпечує вхідний опір у 50 Ом.

**Метою статті** є теоретико-експериментальне дослідження впливу кута конуса на вхідний опір дискоконусної антени.

**Викладення основного матеріалу.** Дискоконусна антена є різновидом біконічної антени, вхідний опір якої можна описати виразом [6]

$$Z_{in} = 60 \ln \left( \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \right). \quad (1)$$

З геометрії антени (рис. 1) бачимо, що кут конуса може змінюватись у межах від нуля до  $90^\circ$ . На рисунку 2 показано графічне зображення залежності (1).

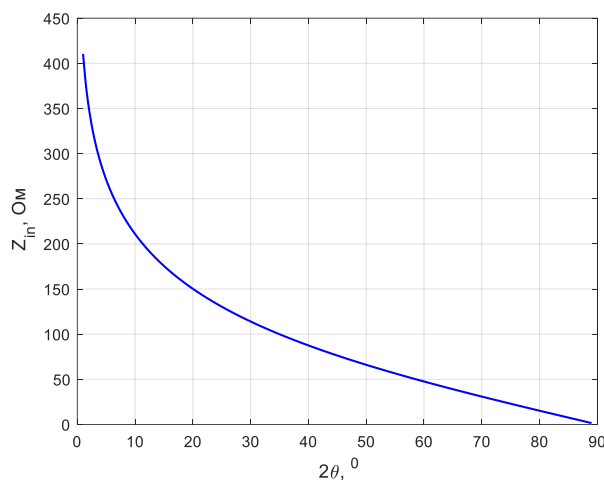


Рис. 2. Залежність вхідного опору дискоконусної антени від кута конуса

Бачимо, що збільшення значення кута конуса спричиняє зменшення вхідного опору дискоконусної антени, причому в інтервалі значень приблизно від кількох градусів до майже 15 градусів залежність є сильно нелінійною. При подальшому збільшенні кута вона перетворюється практично на пряму. На рисунку 3 показано інтервал значень кута, в околі якого вхідний опір становить 50 Ом. З цього графіка добре видно, що в околі подвоєного кута конусу  $58,6^\circ$  (тобто  $\theta \approx 30^\circ$ ) якраз і отримуємо значення 50 Ом.

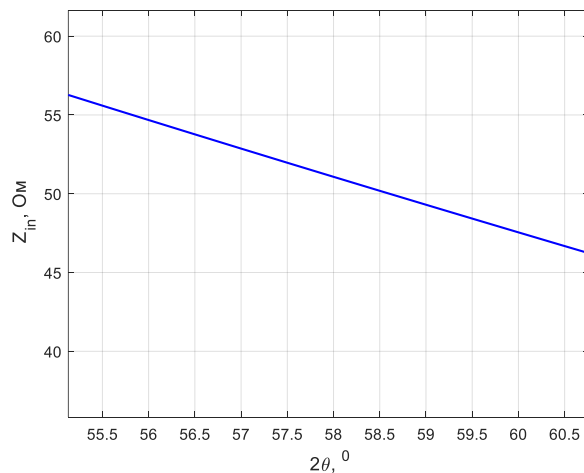


Рис. 3. Інтервал значень кута конуса, в околі якого вхідний опір антени становить 50 Ом

Логічно припустити, що саме тому у більшості тематичних публікацій таке значення ще називають «оптимальним». Тобто оптимальне для отримання такого вхідного опору, за якого легко підключити дискоконусну антену до коаксіального кабелю з хвилевим опором у 50 Ом. А для підключення кабелю з іншим значенням достатньо поміняти значення кута конуса, що досить зручно.

Повернемось тепер до моменту, що значення оптимального кута близьке до  $30^\circ$ . Це добре помітно, якщо розглянути залежність коефіцієнта стоячої хвилі за напругою (КСХН, VSWR) від кута конуса (рис. 4), навіть без використання похідної для такого аналізу.

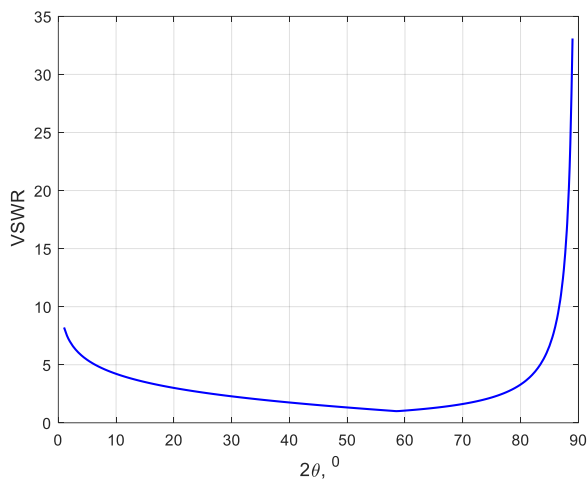


Рис. 4. Залежність VSWR дискоконусної антени від кута конуса

Крім різкої зміни VSWR на кінцях діапазону розглядуваних кутів, також привертає увагу характерний провал в околі подвоєного кута у  $60^\circ$ . У збільшеному масштабі цю ділянку показано на рисунку 5.

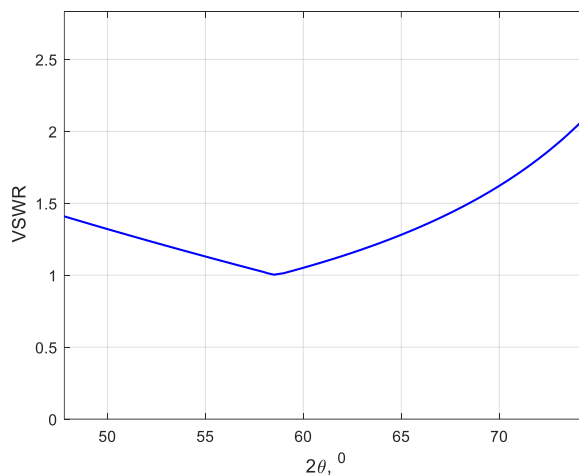


Рис. 5. Залежність VSWR дискоконусної антени від кута конуса

З цього графіка добре видно, що  $\theta \approx 30^\circ$ . Проте, як описано вище, рекомендоване значення у більшості джерел саме  $30^\circ$ . Чому? З однієї сторони, технологічно складно витримати таку точність ( $29,3^\circ$ ), та й не має у цьому потреби. З іншої сторони, відомо [2–4, 6, 9], що дискоконусна антена доволі «терпляча» до неточностей під час виготовлення. Тому цілком логічно значення кута  $29,3^\circ$  округлити до  $30^\circ$ .

Роглянемо поточну задачу по-іншому: якщо задатися певним рівнем VSWR, за яких значень кута конуса це можливо? Для цього візьмемо два типових рівні: 1,5 та 2. Така ситуація можлива, наприклад, коли є обмеження на габарити дискоконусної антени. Графічну відповідь наведено на рисунку 5.

Бачимо, що при значенні VSWR на рівні 2 можливий інтервал значень кута становить орієнтовно від 17 до 37 градусів, а при рівні 1,5 – від 23 до 34 градусів.

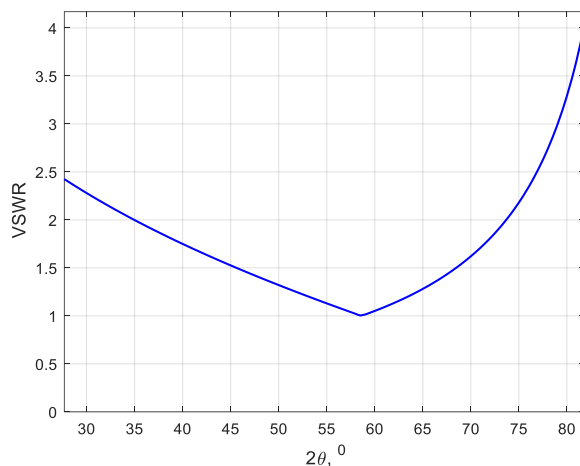


Рис. 6. До визначення прийнятних значень кута конуса дискоконусної антени при заданому VSWR

Доповнимо тепер ці теоретичні результати практичними. У таблиці 1 наведено результати вимірювань VSWR та вхідного опору  $R + iX$  для дискоконусної антени змішаного типу (диск однорідний; конус скелетного типу, вісім противаг) для кількох різних частот [1]. Ці значення отримано на вході коаксіального кабелю, довжиною 500 мм, навантаженого власне на дискоконусну антену [1] (у подальших дослідженнях це буде приведено то точки підключення кабелю до входу антени).

Таблиця 1

Результати вимірювань КСХН

$\theta$		Частота, МГц		
		2300	2400	2500
10°	VSWR	1,36	1,65	1,43
	$R + iX$ , Ом	45,4–i13,5	30,4–i4,96	47,4–i17,5
	$ R + iX $ , Ом	50,0	31,3	43,8
20°	VSWR	1,59	1,59	1,63
	$R + iX$ , Ом	42,7–i21,0	31,1+i1,88	40,6–i20,7
	$ R + iX $ , Ом	51,5	29,4	44,5
30°	VSWR	1,87	1,69	1,85
	$R + iX$ , Ом	42–i27,4	30,5–i7,01	37–i23,4
	$ R + iX $ , Ом	53,2	27,2	46,4
40°	VSWR	2,16	1,91	2,13
	$R + iX$ , Ом	39,6–i33,0	27,8+i9,64	34,4–i28,3
	$ R + iX $ , Ом	47,6	31,2	45,6
50°	VSWR	2,22	2,20	2,62
	$R + iX$ , Ом	38,5–i36,7	24+i12,7	31–i34,5
	$ R + iX $ , Ом	47,4	30,8	50,5

Як бачимо, вибирати значення кута розкриття більше ніж 30 градусів не має сенсу, оскільки вхідний опір та КСХН помітно погіршується [1]. Інтервал значень від 20 до 30 градусів виглядає значно цікавіше [1]. Бачимо, що кут конуса, близький до 30 градусів, дозволяє отримати значення вхідного опору, максимально близьке до 50 Ом [1]. Що і було вище показано теоретично.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Проведені теоретичні та експериментальні дослідження впливу кута конуса на вхідний опір дискоконусної антени. Показано, на підставі чого саме значна частка публікацій щодо вибору значення кута конуса просто пропонують інтервали значень цього параметра (зазвичай у межах від 20 до 40 градусів), а як найкраще пропонують значення цього кута у

30 градусів. Це впливає з того, що саме за таких значень легко забезпечити вхідний опір такої антени 50 Ом, тобто напряму підключити її до коаксіального кабелю з хвилевим опором у 50 Ом.

Це підтверджено експериментально, тобто, що кут конуса, близький до 30 градусів (починаючи з 20 градусів), дозволяє отримати значення вхідного опору, максимально близьке до 50 Ом.

Також показано, що при значенні КСХН на рівні 2 можливий інтервал значень кута конуса становить орієнтовно від 17 до 37 градусів, а при рівні 1,5 – від 23 до 34 градусів.

У подальших дослідженнях буде більша кількість екземплярів антен для таких вимірювань, більша кількість частот та приведення результатів вимірювань до однієї площини відліку.

#### Список використаної літератури:

1. Вплив кута конусу на вхідний опір дискоконусної антени / В.В. Чухов, В.П. Манойлов, А.В. Корніюк, Н.М. Карацук // Інформаційні комп'ютерні технології : тези XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 28–29 березня. – Житомир : «Житомирська політехніка», 2024. – С. 101–102 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/147.pdf>.
2. *Balanis C.A. Antenna theory analysis and design / C.A. Balanis.* – 3-rd edition. – Jogn Wiley and Son, 2005. – 520 p.
3. Discone antenna: Discone Wideband Aerial [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.electronic-notes.com/articles/antennas-propagation/discone-antenna/discone-basics.php>.
4. All your answer [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.kaccradio.com/discone-antenna-101/>
5. *The ARRL antenna book.* – 21st edition. – The ARRL, 2007. – 950 p.
6. Use Ultra-Wideband Discone Rectenna for Broadband RF Energy Harvesting Applications / M.G. Tampouratzis, D.Vouyioukas, D.Stratakis, T.Yioultis // *Technologies.* – 2020. – № 8 (21). – P. 1–14. DOI: 10.3390/technologies8020021.
7. Compact Discone Antenna With Small Form Factor in VHF Band / T.Khumanthem, C.Sairam, S.D. Ahirwar, M.Balachary // *Third international Conference on Electronic Warfare – EWCI2014, 17–20 February.* – Bangalor, India, 2014. – P. 263–267.
8. Ципоренко В.В. Експериментальне дослідження точності безпошукових методів спектрального кореляційно-інтерферометричного радіопеленгування / В.В. Ципоренко, В.Г. Ципоренко, В.В. Чухов // *Технічна інженерія.* – 2023. – № 1 (88). – С. 199–205.
9. Radiation and scattering of electromagnetic waves by a multi-element vibrator-slot structure in a rectangular waveguide / S.L. Berdnik, V.A. Katrich, M.V. Nesterenko and other // *IEEE Trans. Antennas Propag.* – 2015. – Vol. 63. – P. 4256–4259.
10. *Carr J.J. Practical Antenna Handbook.* – McGraw-Hill, 2001. – 625 p.

#### References:

1. Chukhov, V.V., Manoilov, V.P., Korniiuk, A.V. and Karashchuk, N.M. (2024), «Vplyv kuta konusu na vkhidnyi opir dyskokonususnoi anteny», *Informatsiini kompiuterni tekhnolohii, tezy XIV Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii, 28–29 bereznia, «Zhytomyska politekhnika», Zhytomyr*, pp. 101–102, [Online], available at: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/147.pdf>
2. Balanis, C.A. (2005), *Antenna theory analysis and design*, 3rd edition, Jogn Wiley and Son, 520 p.
3. «Discone antenna: Discone Wideband Aerial», [Online], available at: <https://www.electronic-notes.com/articles/antennas-propagation/discone-antenna/discone-basics.php>
4. All your answer [Online], available at: <https://www.kaccradio.com/discone-antenna-101/>
5. *The ARRL antenna book* (2007), 21st edition, The ARRL, 950 p.
6. Tampouratzis, M.G., Vouyioukas, D., Stratakis, D. and Yioultis, T. (2020), «Use Ultra-Wideband Discone Rectenna for Broadband RF Energy Harvesting Applications», *Technologies*, No. 8 (21), pp. 1–14, doi: 10.3390/technologies8020021.
7. Khumanthem, T., Sairam, C., Ahirwar, S.D. and Balachary, M. (2014), «Compact Discone Antenna With Small Form Factor in VHF Band», *Third international Conference on Electronic Warfare – EWCI2014, 17–20 February*, Bangalor, India, pp. 263–267.
8. Tsyporenko, V.V., Tsyporenko, V.H. and Chukhov, V.V. (2023), «Eksperymentalne doslidzhennia tochnosti bezposhukovykh metodiv spektralnoho koreliatsiino-interferometrychnoho radiopelenhuvannia», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 1 (88), pp. 199–205.
9. Berdnik, S.L., Katrich, V.A., Nesterenko, M.V. et al. (2015), «Radiation and scattering of electromagnetic waves by a multi-element vibrator-slot structure in a rectangular waveguide», *IEEE Trans. Antennas Propag*, Vol. 63, pp. 4256–4259.
10. Carr, J.J. (2001), *Practical Antenna Handbook*, McGraw-Hill, 625 p.

**Манойлов В'ячеслав Пилипович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- електродинаміка;
- пристрої НВЧ та антени;
- біомедичні прилади та системи.

E-mail: kaf.rreat@ukr.net.

**Чухов** Владислав Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

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

Наукові інтереси:

- радіовимірювання;
- пристрої НВЧ;
- антени.

E-mail: [mps\\_cvv@ztu.edu.ua](mailto:mps_cvv@ztu.edu.ua).

**Ципоренко** Віталій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0001-8559-006X>.

Наукові інтереси:

- радіомоніторинг;
- цифрова обробка сигналів.

E-mail: [krt\\_cvv@ztu.edu.ua](mailto:krt_cvv@ztu.edu.ua).

**Прилипко** Олександр Іванович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- багатофакторне оцінювання і прийняття рішень;
- теоретико-алгебраїчні дослідження систем диференціальних рівнянь.

E-mail: [prilipko@ztu.edu.ua](mailto:prilipko@ztu.edu.ua).

**Корніюк** Артур Вікторович – старший викладач кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- радіоелектроніка;
- цифрова обробка сигналів;
- біомедична апаратура.

E-mail: [krt\\_kav@ztu.edu.ua](mailto:krt_kav@ztu.edu.ua).

**Ільченко** Анатолій Леонідович – аспірант кафедри комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютерні мережі;
- обробка сигналів.

E-mail: [phd172233\\_ial@student.ztu.edu.ua](mailto:phd172233_ial@student.ztu.edu.ua).

**Карашук** Наталя Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, старший викладач кафедри Житомирського військового інституту ім. С. П. Корольова.

<http://orcid.org/0000-0002-5691-2098>.

Наукові інтереси:

- антени та техніка НВЧ.

E-mail: [knm7@ukr.net](mailto:knm7@ukr.net).

**Manoylov V.P., Chukhov V.V., Tsyporenko V.V., Prylypko O.I., Korniyuk V.V., Ilchenko A.L., Karashchuk N.M.**  
**Cone angle of a disc-cone antenna: theory and practice**

When calculating the dimensions of a disc-cone antenna, an interesting point is the choice of the cone angle. The optimal value of this angle is usually 30 degrees. The argumentation in favor of this choice is practically not given.

In this paper, we have carried out theoretical and experimental studies of the effect of the cone angle on the input impedance of a disc-cone antenna. It is shown on the basis of which a significant proportion of publications on the choice of the cone angle usually indicate intervals from 20 to 40 degrees, and the best value of this angle is 30 degrees. This follows from the fact that at such values it is easy to ensure the input impedance of such antenna is 50 ohms, i.e., to connect it directly to a coaxial cable with a wave impedance of 50 ohms.

This has been confirmed experimentally, i.e. a cone angle close to 30 degrees allows obtaining an input impedance value as close to 50 ohms as possible.

It is also shown that when the VSWR is 2, the possible range of cone angle values is approximately from 17 to 37 degrees, and when it is 1.5, from 23 to 34 degrees.

**Keywords:** disc-cone antenna; antenna input impedance; cone angle.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2024.